

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí



**Charakteristika ovzduší vnitřních prostor
zdravotnických zařízení**

Characterization of indoor air in health care buildings

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zpracovatelka: Bc. Dita Hladíková

Vedoucí práce: prof. RNDr. Martin Braniš, CSc.

Květen 2013

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, dne.....

Podpis.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce prof. RNDr. Martinovi Branišovi, CSc. za odborné a trpělivé vedení, cenné rady, připomínky a praktickou pomoc.

Dále bych ráda poděkovala svému otci, MUDr. Pavlu Hladíkovi, Ph.D., a MUDr. Ondřeji Dvořákovi za pomoc při realizaci práce.

Děkuji také své rodině a všem blízkým za podporu během celého studia.

Abstrakt

Nemocnice a zdravotnická zařízení jsou velice specifická prostředí, která vyžadují kontrolu kvality vnitřního ovzduší. Lidé, kteří navštěvují zdravotnická zařízení, bývají díky oslabenému imunitnímu systému na kvalitu ovzduší velice citliví. Zhoršená kvalita vnitřního ovzduší zdravotnických zařízení může mít nepříznivý vliv na pracovní výkon personálu zařízení, kdy případná pochybení z tohoto důvodu mohou mít velmi vážné následky.

Podstatou diplomové práce je zhodnocení hlavních složek vnitřního mikroklimatu (teplota a relativní vlhkost vzduchu) a koncentrace oxidu uhličitého v prostředí vybraných zdravotnických zařízení v České republice a následné srovnání s právními předpisy, určenými pro tento typ prostředí. Měření probíhalo ve dvou nemocničních zařízeních a devíti soukromých lékařských ordinacích od prosince 2011 do března 2013.

Z výsledků vyplynulo, že hodnoty mikroklimatických podmínek a koncentrace oxidu uhličitého v prostředí lůžkových pokojů pacientů byly v chladné a teplé části roku rozdílné. V zimní části se s požadavky právních předpisů nejvíce rozcházela relativní vlhkost vzduchu, zatímco během letního období byly zjištěny disproporce naměřených hodnot teploty vzduchu lůžkových pokojů. Na koncentraci oxidu uhličitého měla vliv velikost pokojů míra jejich obsazenosti. Kvalita ovzduší operačního sálu byla charakterizována především velmi nízkou relativní vlhkostí. Nízké hodnoty relativní vlhkosti byly zaznamenány i v prostředí soukromých lékařských ordinací.

Díky výsledkům této práce je zřejmé, že i v prostředí zdravotnických zařízení jsou prostory, ve kterých hodnoty složek interního mikroklimatu neodpovídají hodnotám předepsaným příslušnými právními předpisy. Pro dokonalejší ověření je doporučeno provést větší počet měření a stanovit správný algoritmus získávání hodnot. Autorka práce v závěru uvádí několik návrhů pro zlepšení kvality vnitřního ovzduší zdravotnických zařízení, z nichž by jako jeden z hlavních bodů měl být zájem hygienické služby sledovat spolu s mikrobiálním stavem i stav mikroklimatických podmínek.

Klíčová slova: zdravotnická zařízení, kvalita vnitřního ovzduší, mikroklimatické podmínky, oxid uhličitý, legislativa

Abstract

Hospitals and healthcare facilities are very specific times of microenvironments, which requiring monitoring air quality. People who use healthcare facilities are due to a weakened immune system very sensitive to air quality. Acceptable indoor air quality in healthcare facilities may have adverse effects on job performance at the personnel and their errors may have very serious consequences.

The aim of this paper is to evaluate the main components of the inner microclimate (temperature and relative air humidity) and concentrations of carbon dioxide in the environment of selected healthcare facilities in the Czech Republic and to compare the results with the related legislation. The measurements were carried out in two hospitals and nine private medical offices from December 2011 to March 2013.

The results showed that the values of microclimate factors and the concentration of carbon dioxide in the environment of patient rooms were different in cold and warm part of the year. In the patient rooms the levels of relative humidity diverged from the legal requirements mostly in winter – while those of temperature in summer. The concentration of carbon dioxide was affected by the occupancy rate and the size of the rooms. Air quality in the operating theater was primarily characterized by very low relative humidity. Low values of relative humidity were also recorded in the environment of private medical offices.

According to the conclusions of the paper it is clear that even in healthcare facilities there are areas where the values of indoor micro climate do not match the prescribed levels that are given by the relevant legislation. For a better verification it is recommended to carry out more measurements and to set a correct algorithm of data acquisition. The author suggests several proposals to improve the quality of indoor climate of healthcare facilities. The conditions of the micro climate should be one of the main points of interest of the healthcare authorities when inspecting the microbial environment.

Key words: healthcare facilities, indoor air quality, microclimate conditions, carbon dioxide, legislation

Obsah

Abstrakt.....	4
Abstract.....	5
1 Úvod	7
1.1 Kvalita ovzduší ve zdravotnických zařízeních.....	10
1.2 Cíle práce	12
2 Metodika.....	12
2.1 Zpracování dat.....	14
3 Výsledky.....	15
3.1 Lůžkové pokoje pacientů	15
3.1.1 Nemocnice A	15
3.1.2 Jednotky intenzivní péče.....	25
3.1.3 Nemocnice B.....	26
3.2 Nemocniční ambulance	29
3.3 Operační sál.....	31
3.4 Soukromé lékařské ordinace	32
4 Diskuze	35
5 Závěr.....	42
6 Literatura	44
7 Přílohy	50

1 Úvod

Kvalita vnitřního ovzduší je pro život člověka velice důležitá. Lidé vzhledem k současnému životnímu stylu tráví ve vnitřním prostředí budov okolo 80% svého života (Turiel, 1985; Asadi et al., 2013). Termín „kvalita vnitřního ovzduší“ zahrnuje environmentální charakteristiky uvnitř budov. Je prokázáno, že může ovlivňovat lidské zdraví, pohodu, nebo pracovní výkon (Yu et al., 2009; Shrimandilkar, 2013). Nepříznivá kvalita vnitřního ovzduší je spojená se ztrátou produktivity, nesoustředěností a obecnou nespokojeností člověka (Quadros et al., 2009). Pokud je zdravé životní prostředí, člověk se cítí dobře a komfortně (Hansen, 1991). Vnitřní ovzduší hraje velmi důležitou roli při posuzování rizika spojeného s expozicí znečišťujícím látkám. (Maroni, 1995). Problematika kvality vnitřního ovzduší se jeví jako poměrně složitá záležitost vzhledem k jejímu multidisciplinárnímu charakteru, který zahrnuje diskusi odborníků z různých oblastí, jako jsou lékařství, ekologie, strojírenství, architektura, chemie, atd. (Mendes, 2008).

Mezi hlavní veličiny, které ovlivňují kvalitu vnitřního prostředí, patří teplota, relativní vlhkost, proudění vzduchu, osvit a hluk. Tato práce se zabývá vybranými veličinami mikroklimatu – teplotou a relativní vlhkostí vzduchu, a koncentrací oxidu uhličitého ve vnitřním ovzduší.

Doporučené hodnoty teploty vzduchu jsou většinou stanoveny zvlášť pro chladnou a zvlášť pro teplou část roku. Zároveň může být hodnota teploty stanovena speciálně pro různý druh budovy, jako jsou například školy, kanceláře či zdravotnická zařízení. Jak uvádějí některé studie, zvýšená teplota může mít vliv na mentální aktivitu člověka a je spojena s výskytem syndromu nemocných budov (popsáno níže) (Hansen, 1991). Podle London Hazards Centre Handbook se člověk cítí nejpohodlněji při teplotě pohybující se mezi 19 a 21°C, kdy je nejproduktivnější a cítí se méně unavený než při vyšších teplotách.

Teplota a vlhkost vzduchu vnitřního prostředí se navzájem ovlivňují. Například, pokud je hodnota relativní vlhkosti příliš vysoká, teplota vzduchu se pocitově zdá být vyšší, než za podmínek s nižšími hodnotami relativní vlhkosti vzduchu. (London Hazards Centre Handbook, 1990).

Zatímco jsou hranice teploty ovzduší díky různým laboratorním i terénním pozorováním jasně definovány, mezní hodnoty relativní vlhkosti ovzduší tak jasné

rozhraní nemají (Berglund, 1998). ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) stanovila pro člověka přijatelné hodnoty relativní vlhkosti mezi 25-60 %. Příliš vysoké hodnoty relativní vlhkosti vnitřního ovzduší mohou představovat problémy spojené s výskytem plísní či výskytem nežádoucích mikroorganismů (Theunissen et al., 1993; Cooley et al., 1998). Nízké hodnoty relativní vlhkosti ovzduší ovlivňují jak zdravotní stav, tak celkovou pohodu člověka. Podle Arundela a spol. (1986) má relativní vlhkost přímý i nepřímý vliv na zdraví a pohodu obyvatel. Přímé účinky jsou výsledkem působení relativní vlhkosti na psychické procesy člověka. Naproti tomu nepřímé účinky vznikají z vlivu vlhkosti na patogenní organismy a chemikálie v ovzduší a teprve jejich působením je organismus člověka ovlivňován.

V řadě výzkumů je zdokumentováno, že se s vyšší či nižší hodnotou relativní vlhkosti vyskytují zdravotní potíže. Při abnormálních hodnotách relativní vlhkosti je prokázán větší výskyt vzdušných virů, spor hub či roztočů. Například virus chřipky se nejvíce vyskytuje v prostředí s vysokou nebo naopak nízkou hodnotou relativní vlhkosti (Hansen, 1991, Arundel et al., 1986). Extrémně nízké hodnoty vlhkosti ovzduší mohou způsobit pálení očí. Vnitřní relativní vlhkost by měla být vyšší než 30 až 40 %, aby se zabránilo vysoušení sliznic, udrželo se dostatečné zahlenění nosní sliznice a ciliární aktivita (Arundel et al., 1986). Ve studii Reinikaineného a spol. (1997), která byla provedena v kancelářské budově nedaleko Helsinek, bylo prokázáno, že relativní vlhkost vzduchu, která se pohybovala mezi 30-40 %, výrazně snížila příznaky spojené se syndromem nemocných budov (viz níže), než vlhkost, jejíž hodnoty byly pod 30 %.

Teplota a částečně i vlhkost vzduchu jsou ty veličiny mikroklimatu, které lze vnímat lidskými smysly. Mezi mikroklimatické podmínky, které již smysly rozpoznat nelze, ale jejichž účinky lze pocítit brzy po krátkém pobytu v místnosti, řadíme oxid uhličitý (Čiček, 2006). Oxid uhličitý je plyn bez barvy a zápachu a je považován za relativně netoxický. Dle jeho koncentrace lze určit, zda se ve vnitřním ovzduší vyskytují některé polutanty. Měřením koncentrace CO_2 v ovzduší může být také využito jako indikátoru přítomnosti jiných znečišťujících látek. Koncentrace oxidu uhličitého lze z tohoto hlediska považovat za ukazatel nutnosti větrání (Batterman a Peng, 1995; Zhang a Smith, 2003). Pokud dojde ke zvýšení povolené hladiny koncentrace CO_2 , mají lidé brzy pocit „vydýchaného vzduchu“ (Hansen, 1991).

Vzhledem k tomu, že lidé produkují oxid uhličitý dýcháním, koncentrace CO₂ jsou ve vnitřních prostorech vyšší než koncentrace ve venkovním prostředí. Podle ASHRAE je pro pocit komfortu člověka přípustná hladina koncentrace CO₂ ve vnitřním ovzduší do 1 100 – 1 200 ppm. Epidemiologické a intervenční studie ukázaly, že vyšší hladiny CO₂ jsou spojeny s nepříjemným pocitem vnímání špatné kvality ovzduší, se zvýšeným počtem akutních zdravotních problémů, s pomalejší pracovní výkonností a se zvýšenou absencí zaměstnanců (Satish et al., 2012). Při vysokých hodnotách koncentrace CO₂ se mohou projevit například bolesti hlavy, závratě, zvýšená srdeční frekvence, neklid a nevolnost (Seppanen et al., 1999).

Tabulka 1: Charakteristika základních sledovaných veličin složení ovzduší vnitřních prostor

	Doporučené hodnoty		Vliv na zdraví obyvatel
CO₂	1 200 ppm		bolest hlavy, únava, nevolnost, pocení
Teplota	Teplé období 24,0 ± 2,0 °C	Studené období 22,0 ± 2,0 °C	únava, malátnost, nesoustředěnost
Relativní vlhkost	30 - 65%		vysoušení sliznic, únava, bolest hlavy

Některé budovy, které nesplňují kritéria výše popsaných charakteristik vnitřního ovzduší, mohou být pro člověka nepříjemným prostředím z hlediska zdravotních problémů i jeho všeobecného pohodlí. S těmito stavbami je spojen výraz syndrom nemocných budov (sick building syndrome, SBS). Termín „nemocná budova“ je často spojovaný s objekty, ve kterých mají lidé z těžce rozpoznatelných důvodů zdravotní problémy či nedostatečné psychické pohodlí (Meckler, 1991; Thörn, 1998). Tento termín je spojený s kvalitou vnitřního ovzduší. Syndrom nemocných budov zahrnuje nespecifické zdravotní problémy jako je pálení očí, horních cest dýchacích a kůže, bolesti hlavy a únava (Nordström et al, 1994; Meckler, 1991; Maroni, 1995). Tyto projevy mohou nastat během 15-30 minut po vstupu do budovy. Obvykle však odeznívají po krátkém čase po opuštění budovy. (Maroni, 1995). Podle studie Burgeho a kol. (1987), provedené ve Velké Británii, patřila mezi příznaky spojené se SBS nejčastěji únava, dále rýma, sucho v krku a bolest hlavy. Mezi nejméně zjištěné projevy patřily bolest na hrudi a těžkost při dýchání. Se syndromem nemocných budov

souvisí problém zvaný „building related illnesses“ (BRI). (Hansen, 1991). Tento pojem se vztahuje na konkrétní diagnostikovatelné zdravotní potíže, které se projevují v určité budově následkem působení nepříznivých podmínek životního prostředí (Seltzer, 1994).

Ve spojení se zdravotnickými zařízeními může být, vzhledem k jejich nedostatečné kvalitě vnitřního ovzduší, použit termín „sick hospital syndrome“ (SHS). SHS se projevuje stejnými příznaky jako SBS, čili bolestí hlavy, únavou, atd. (Leung a Chan, 2006).

1.1 Kvalita ovzduší ve zdravotnických zařízeních

Nemocnice a zdravotnická zařízení jsou velice specifická prostředí, která vyžadují kontrolu kvality vnitřního ovzduší vzhledem ke zdravotním rizikům a komfortu pacientů, zdravotnického personálu a návštěvníků zařízení. (Kalliokoski et al., 2003; Hellgren, 2008). Kvalita ovzduší v těchto zařízeních je mnohem kritičtější, než ve většině ostatních vnitřních prostředí (Kalliokoski et al., 2003; Leung a Chan, 2006; Suciú et al., 2010), neboť se zde mohou ve vzduchu vyskytovat mikrobi a nebezpečné chemické látky. Lidé, kteří v těchto zařízeních zůstávají po delší dobu, jsou pak vystaveni patogenním vlivům déle, než v jiných prostředích (Mendes, 2008).

Dalším faktorem, který v nemocnicích a dalších zdravotnických zařízeních hraje významnou roli, je zvýšená citlivost pacientů vzhledem k jejich oslabenému imunitnímu systému, ovlivněnému metabolismu, traumatům apod. (Kalliokoski et al., 2003; Leung a Chan, 2006; Mendes, 2008). Kvalita vnitřního ovzduší ve zdravotnických zařízeních může mít přímý vliv na rychlost zotavení pacientů (Quadros, 2009) a je také velice důležitým faktorem pro předcházení nákazám pacientů a zdravotnického personálu různými infekcemi, či dalším zdravotním komplikacím (Wan et al., 2011). Jak ve své studii uvedl Graves et al. (2007), zvýšená expozice zdravotnických pracovníků infekčním prostředím způsobuje také značné ekonomické náklady. Dobrá kvalita vnitřního ovzduší ve zdravotnických zařízeních je velice důležitá vzhledem k náročnosti výkonů zdravotnického personálu; případná nesoustředěnost či pochybení mohou mít velmi vážné následky (Hellgren et al., 2008). V nemocnicích se nacházejí velice specifická a na kvalitu ovzduší náročná prostředí, jako jsou například operační sály (Hellgren et al., 2011). V současné době existuje pouze omezený počet

publikovaných prací na téma kvalita ovzduší ve zdravotnických zařízeních. Týkají se zejména chemického a mikrobiologického složení ovzduší. (Quadros et al., 2009).

V České republice jsou předepsané hodnoty mikroklimatu vnitřních prostor zdravotnických zařízení stanoveny vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., která stanoví hygienické limity chemických, biologických a fyzikálních ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností¹ některých staveb – tabulka 2.

Tabulka 2: Požadavky na teploty vnitřního ovzduší ve zdravotnických zařízeních dle vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb.

	Teplota vzduchu t (°C)	
	teplé období roku	chladné období roku
Zdravotnická zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0

Pokud nejsou jiné požadavky na pobytové místnosti ve zdravotnických zařízeních dané prováděným výkonem nebo léčebným procesem, jsou normy relativní vlhkosti vzduchu 30 – 65%.

Požadavky na kvalitu pracovního prostředí jsou stanoveny v nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Zde jsou požadavky rozděleny podle tříd práce dle energetického vytížení pracovníka. Lékařský personál se řadí do třídy IIa. Podle NV č. 93/2012 Sb. jsou přípustné hodnoty teploty 18-26°C a relativní vlhkost 30-70 %. Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště jsou dle NV č. 93/2012 Sb. teplota 19-24 °C a relativní vlhkost 30-70 %.

Doporučené limity koncentrace CO₂ v ovzduší vnitřních prostor jsou uvedeny ve vyhlášce Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb., která mění vyhlášku č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Dle tohoto předpisu nesmí koncentrace CO₂ překročit 1500 ppm. Dle Standardu 62.1-2010 ASHRAE (American

¹ pobytová místnost je místnost nebo prostor, která svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňuje požadavky k tomu, aby se v ní zdržovaly osoby (například kanceláře, dílny, ordinace, výukové prostory, pokoje ve zdravotnických zařízeních, hotelích a ubytovnách, halové prostory různého účelu, sály kin, divadel a kulturních zařízení, místnosti ve stavbách pro individuální rekreaci apod. (vyhláška MMR č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu)

Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) jsou doporučené hodnoty koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním prostředí méně jak 650-700 ppm nad hodnotou koncentrace venkovní. V dnešní době se venkovní koncentrace CO₂ pohybují mezi 350 - 500 ppm, doporučená hodnota pro komfort obyvatel je tedy stanovena na 1 000 – 1 200 ppm.

1.2 Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit hlavní mikroklimatické faktory různých typů zdravotnických zařízení, jako jsou nemocnice, polikliniky a soukromé ordinace. Výsledky porovnat s předepsanými limity pro daný druh prostředí. Zjistit klíčové příčiny nežádoucích stavů a diskutovat jejich případné účinky na zdraví člověka, popřípadě navrhnout nápravná opatření. Hypotéza tohoto výzkumu předpokládá, že i v prostředí zdravotnických zařízení, která by měla být pod velmi přísnou kontrolou hygienické služby, jsou prostory, ve kterých podmínky neodpovídají hodnotám předepsaným příslušnými právními předpisy.

2 Metodika

Měření mikroklimatu v prostředí lékařských zařízení probíhalo v období od prosince 2011 do března 2013. Pro tento výzkum byly vybrány dvě nemocnice

situované v různých krajích České republiky a devět soukromých ordinací v krajském a hlavním městě. Přístroje byly umístěny v prostředích, ve kterých se pacienti i zdravotnický personál běžně vyskytují. Jednalo se o nemocniční pokoje, jednotky intenzivní péče, prostory nemocniční ambulance, operační sál a soukromé lékařské ordinace.

V rámci zachování diskrétních informací o stavu jednotlivých zdravotnických zařízení nebudou jejich názvy a lokalizace v této práci uvedeny.

Tabulka 3: Přehled názvů jednotlivých zdravotnických zařízení

Nemocnice	A, B
Soukromé ordinace	a, b, c, d, e, f, g, h, i

Nemocnice A se nachází v bývalém okresním městě a je umístěna mimo centrum města. Zdravotnické zařízení je pavilónového typu, ve kterém jsou budovy propojeny koridorem. Budovy nemocnice prošly v devadesátých letech rekonstrukcí. Nemocnice obsahuje pět lůžkových oddělení. Měření bylo zahájeno na oddělení chirurgickém. Chirurgické oddělení nemocnice disponuje 31 lůžky ve čtyřlůžkových, třílůžkových a dvoulůžkových pokojích. Po provedeném měření v nemocničních pokojích chirurgie byly přístroje umístěny na jednotku intenzivní péče a operační sál téhož oddělení. Další měření v rámci nemocnice A probíhala na pokojích pacientů ostatních oddělení.

Nemocnice B je postavena v krajském městě, nedaleko centra města. Měření probíhalo na klinice, jejíž budova byla vystavěna před pětasedmdesáti lety. Vzhledem k rekonstrukci části kliniky byla veškerá činnost této části lékařského zařízení soustředěna pouze na jedno oddělení, kde byl proveden výzkum. Operační oddělení má 28 lůžek rozdělených do jedno až čtyřlůžkových pokojů.

Další měření byla provedena v soukromých lékařských ordinacích v krajském a hlavním městě.

Tabulka 4: Časový přehled monitoringu

Zima 2011 - 2012	Nemocnice A
Léto 2012	Nemocnice B

K měření koncentrace oxidu uhličitého byly použity přístroje Telaire 7001 s dataloggerem Hobo, který umožňuje nejen akvizici dat z přístroje Telaire, ale umožňuje i měření teploty a relativní vlhkosti. Přístroje s přesností cca ± 50 ppm využívá čidla absorpce infračerveného světla. Relativní vlhkost byla měřena s přesností $\pm 5\%$ a teplota vzduchu s přesností ± 1 °C. Měřicí kampaň trvala vždy po dobu tří dnů. Pro pokrytí denní variability proměnných klimatu byla integrační doba všech tří veličin měření stanovena na 5 minut.

Umístění měřicího zařízení bylo zvoleno tak, aby přístroj neomezoval běžný chod nemocnic či ordinace, nerozptyloval pacienty ani návštěvníky a nebyl na obtíž při úklidu místností. Přístroje byly v místnostech umístěny vždy na skříni, a to ve výšce cca 180 cm, v zadní části místnosti v dostatečné vzdálenosti od okna. S pomocí zdravotnického personálu byl zaznamenáván počet osob na jednotlivých stanovištích během měřicí kampaně.

2.1 Zpracování dat

Data byla z přístrojů do počítače přenesena pomocí softwaru HOBOWare a následně exportována do programu Microsoft Office Excel. Zde byla zaznamenávána i doplňková data, jako počet osob a velikost pokojů. V MO Excel byla data zpracována a byla vypracována grafická vyobrazení jednotlivých výsledků.

Pro zjištění závislosti koncentrace oxidu uhličitého na obsazenosti a objemu místnosti byla použita regresní analýza.

3 Výsledky

3.1 Lůžkové pokoje pacientů

V této studii byly měřeny mikroklimatické podmínky v 65 lůžkových pokojích nemocnice A a B.

3.1.1 Nemocnice A

V nemocnici A probíhalo měření v 51 pokojích pacientů. Hlavní popisné statistiky, jako jsou aritmetický průměr, medián, minimum (min), maximum (max) a směrodatná odchylka (sd), jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6. Tabulky jsou rozděleny podle chladné a teplé části roku, ve kterých měření probíhala. Celkové přehledy pokojů jsou uvedeny v příloze 1 a 2.

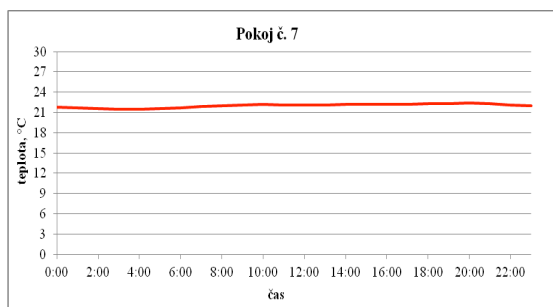
Tabulka 5: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu lůžkových pokojů nemocnice A v chladné části roku

	průměr	medián	min	max	sd
Teplota, °C	23.0	23.1	19.1	27.5	1.5
RH, %	31.5	31.0	14.4	52.5	6.4
CO₂, ppm	1004.4	947.8	424.8	2596.8	319.3

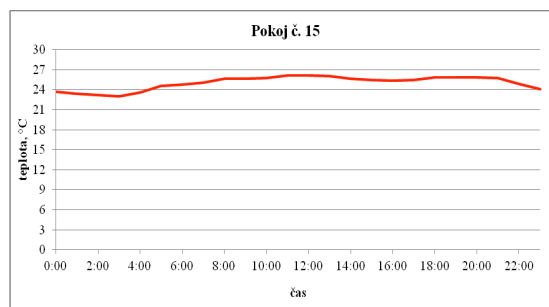
Tabulka 6: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu lůžkových pokojů nemocnice A v teplé části roku

	průměr	medián	min	max	sd
Teplota, °C	24.2	24.3	20.7	27.6	1.1
RH, %	44.2	42.6	27.1	73.3	8.8
CO₂, ppm	679.2	595.2	307.7	2004.9	259.8

Pouze ve dvou pokojích nemocnice A jsou veškeré hodnoty teploty v souladu s vyhláškou MZ č. 6/2003 Sb. Průběh denních průměrů teplot vybraného pokoje je znázorněn na obrázku 1. Ostatní lůžkové pokoje nemocnice A, které byly monitorovány ve studeném období roku, stanovené doporučené hodnoty teploty plně nesplňovaly. Teplota ovzduší v těchto 18 pokojích nebyla v souladu s vyhláškou MZ č. 6/2003 Sb. vzhledem ke svým maximům nebo minimům. Průměrná hodnota, která přesahovala přípustné limity stanovené vyhláškou, byla naměřena např. v pokoji č. 15. Průměrné hodinové hodnoty teploty tohoto pokoje jsou zobrazeny na obrázku 2.

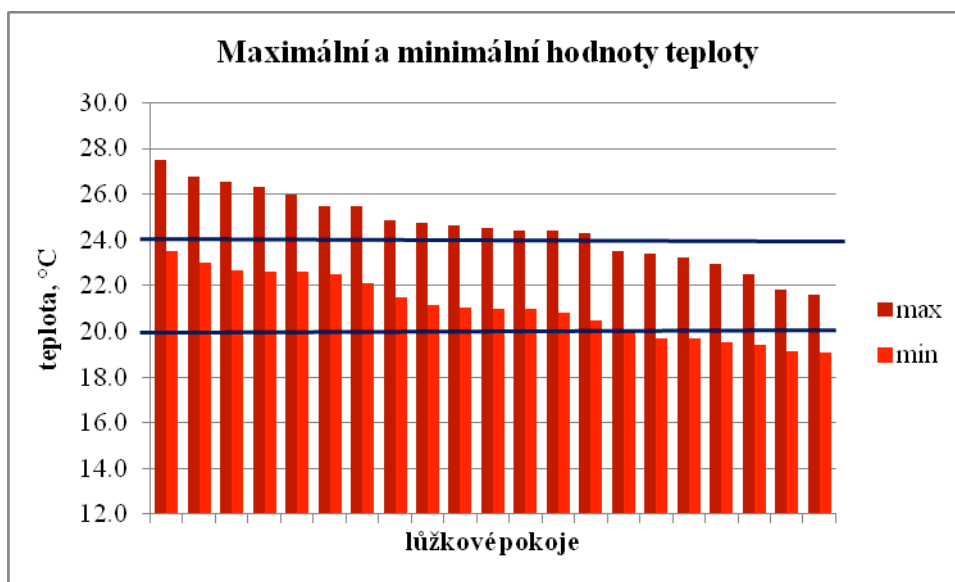


Obrázek 1: Vývoj hodinových průměrů teploty třídní kampaně v pokoji č. 7 nemocnice A



Obrázek 2: Vývoj hodinových průměrů teploty třídní kampaně v pokoji č. 15 nemocnice A

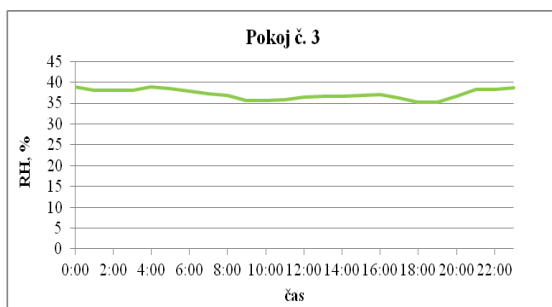
Maximální a minimální hodnoty teploty naměřené v lůžkových pokojích nemocnice A v chladném období jsou vyobrazeny na obrázku 3.



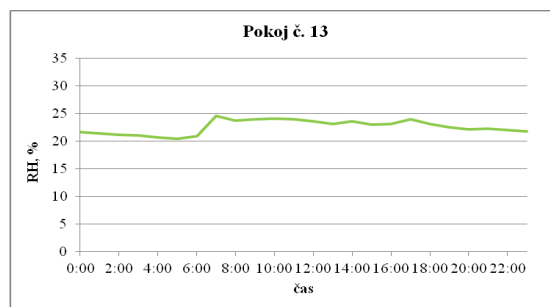
Obrázek 3: Maximální a minimální hodnoty teploty naměřené v lůžkových pokojích nemocnice A v chladném období v porovnání s vyznačenými limity hodnot teploty dle vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 20°C a 24°C)

Příjemné hodnoty relativní vlhkosti byly v tomto období pouze v pěti pokojích pacientů. Vybraný pokoj je vyobrazen na obrázku 4. V ostatních případech se hodnoty relativní vlhkosti se svými minimy pohybovaly především pod limitní hranicí 30 %. V deseti pokojích nedosahovaly průměrné hodnoty relativní vlhkosti vzduchu třídní kampaně limitu 30 %. Extrémním případem byl pokoj č. 13,

monitorovaný v období od 7. do 10. února 2012. Maximální naměřená hodnota vlhkosti vzduchu dosáhla pouze na spodní hranici přípustných hodnot. Průměrná hodnota relativní vlhkosti byla v tomto pokoji 22,6 %. Průběh hodinových průměrů hodnot relativní vlhkosti znázorňuje obrázek 5.

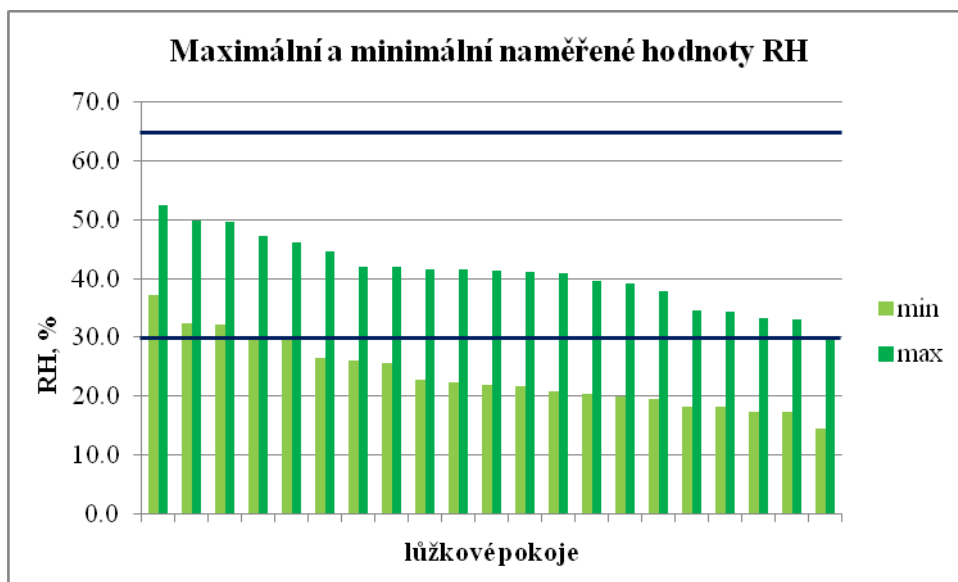


Obrázek 4: Vývoj hodinových průměrů relativní vlhkosti v pokoji č. 3 nemocnice A

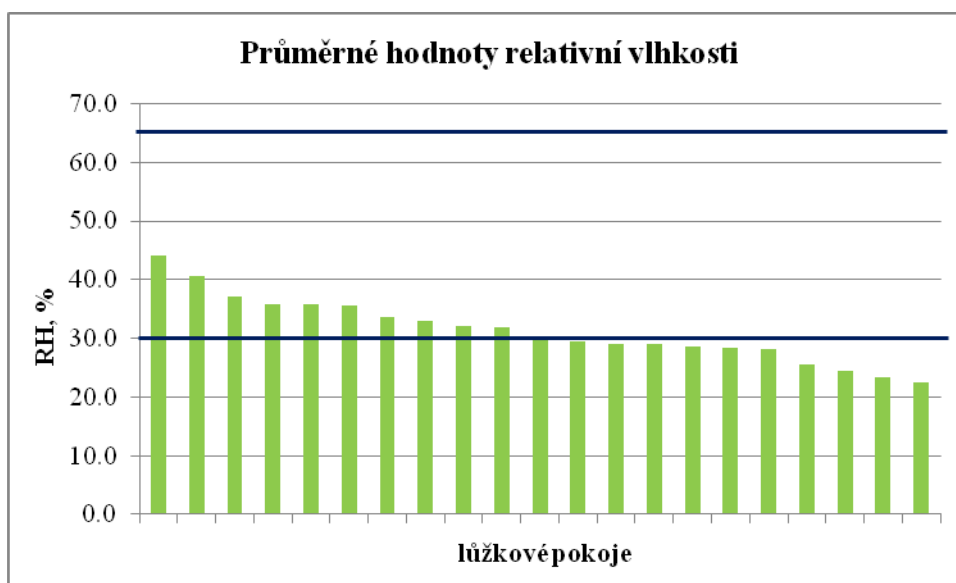


Obrázek 5: Vývoj hodinových průměrů relativní vlhkosti vzduchu v pokoji č. 13 nemocnice A

Maximální a minimální hodnoty relativní vlhkosti jsou zobrazeny na obrázku 6. Průměrné hodnoty relativní vlhkosti znázorňuje obrázek 7.

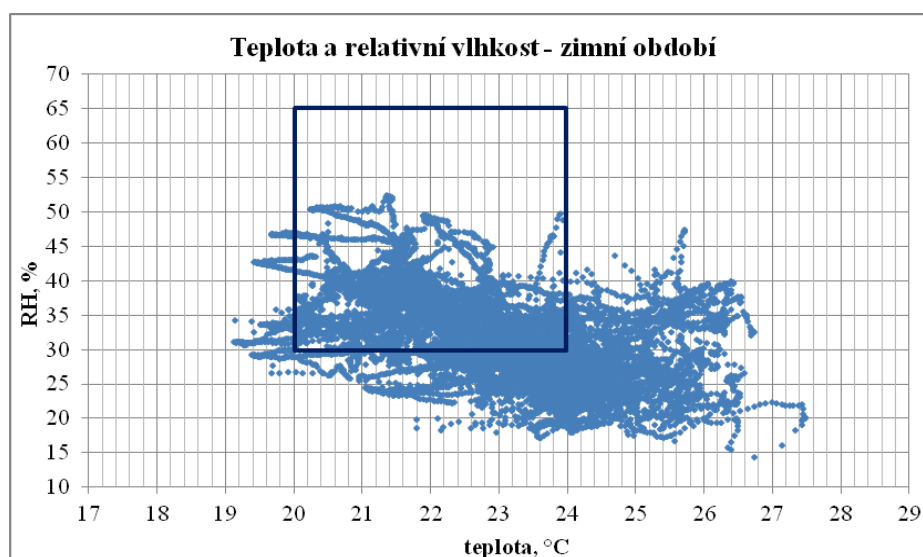


Obrázek 6: Maximální a minimální naměřené hodnoty relativní vlhkosti v lůžkových pokojích nemocnice A v chladném období v porovnání s vyznačenými přípustnými hodnotami dle vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 30 % a 65 %)



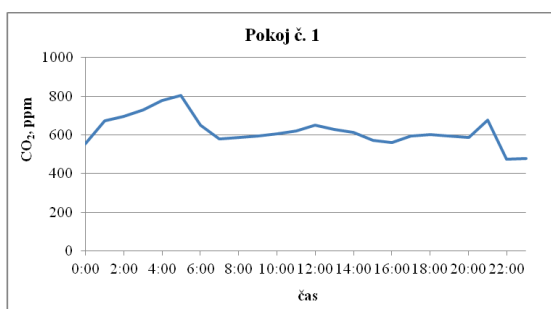
Obrázek 7: Průměrné hodnoty relativní vlhkosti naměřené v lůžkových pokojích nemocnice A v chladném období v porovnání s vyznačenými přípustnými hodnotami dle vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 30 % a 65 %)

Celkový přehled hodnot teploty a relativní vlhkosti vzduchu je znázorněn na obrázku 8.

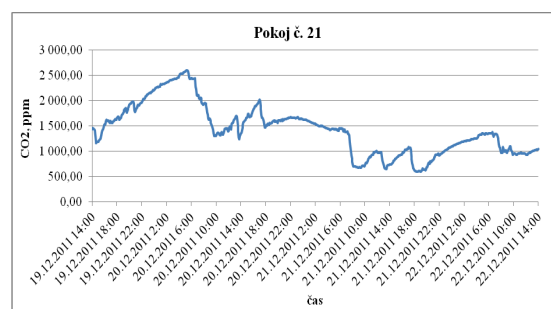


Obrázek 8: Veškeré hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu v lůžkových pokojích nemocnice A během zimního období v porovnání předepsanými hodnotami vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. (modře vyhraničený čtyřúhelník)

Maximální přípustná hodnota oxidu uhličitého ve vnitřních prostorech je pro člověka podle ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) 1200 ppm. Dle vyhlášky MMR č. 20/2012 Sb. koncentrace CO₂ nesmí překročit 1500 ppm. Ani jedna z těchto hodnot nebyla překročena v šesti pokojích z celkových 21. Příjemné hodnoty koncentrace oxidu uhličitého, které byly naměřeny například v pokoji č. 1, jsou znázorněny na obrázku 9. Průměrné naměřené hodnoty oxidu uhličitého byly ve čtyřech případech vyšší než 1200 ppm. Ani jedna z těchto hodnot nepřekročila limit koncentrace CO₂ stanovený vyhláškou MMR č. 20/2002 Sb. Průběh hodinových průměrů koncentrace oxidu uhličitého v pokoji s nejvyšší naměřenou průměrnou hodnotou koncentrace CO₂ během třídní kampaně je vyobrazen na obrázku 10.

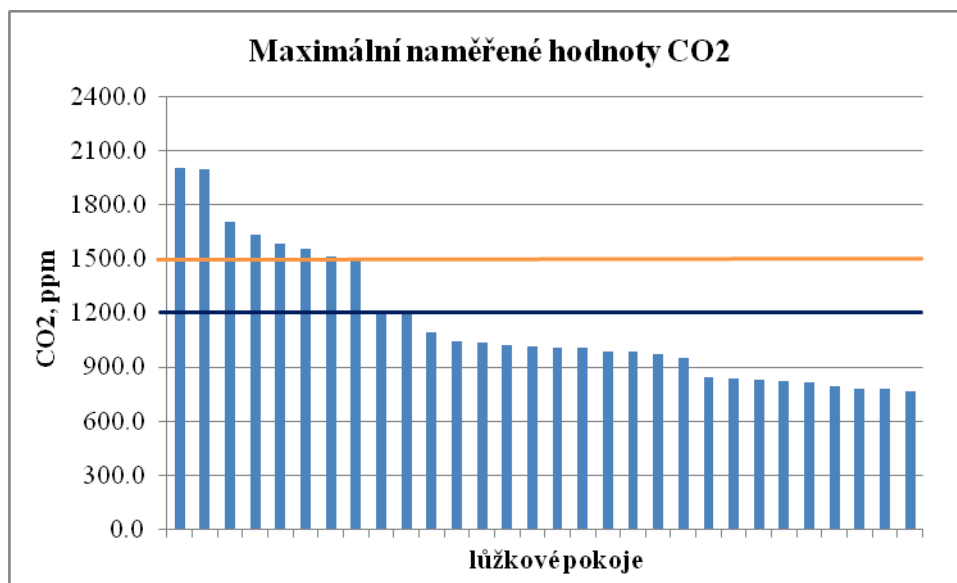


Obrázek 9: Průběh hodinových průměrů hodnot koncentrace oxidu uhličitého v pokoji č. 1 nemocnice A



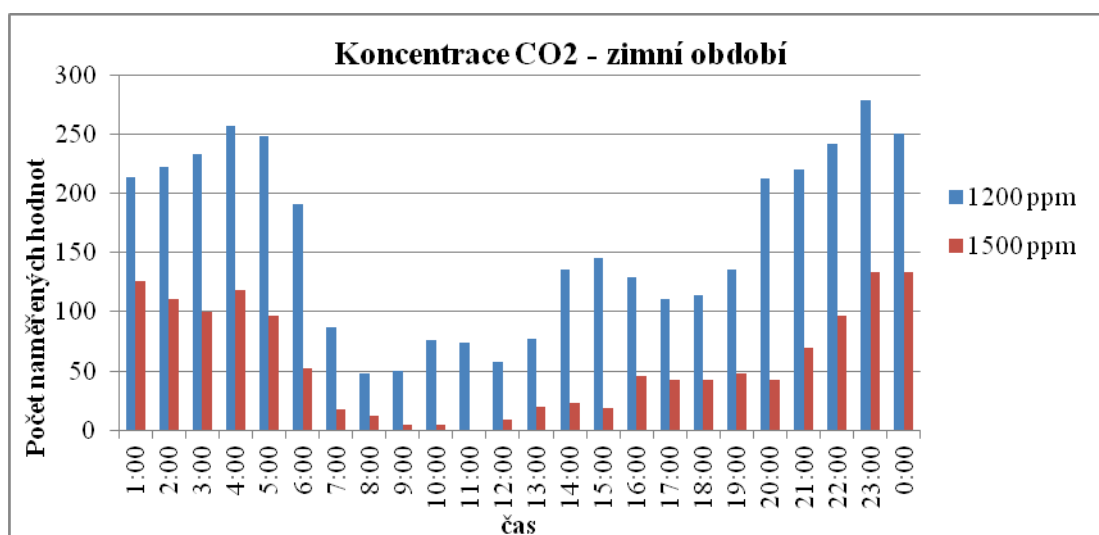
Obrázek 10: Průběh naměřených hodnot koncentrace CO₂ během třídní kampaně v pokoji č. 21 nemocnice A

Maximální naměřené hodnoty oxidu uhličitého v pokojích nemocnice A jsou vyobrazeny na obrázku 11.



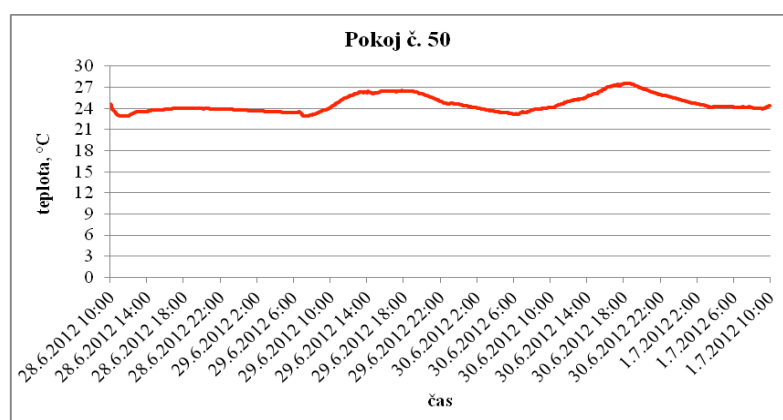
Obrázek 11: Maximální naměřené hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v lůžkových pokojích nemocnice A v chladném období v porovnání s limity stanovenými ASHRAE (modrá hranice 1200 ppm) a vyhl. MMR č. 20/2012 Sb. (oranžová hranice 1500 ppm)

Na obrázku 12 je znázorněno, v kolika případech veškeré hodnoty, naměřené během zimního období, překročily doporučenou hranici ASHRAE a stanovený limit vyhláškou MMR č. 20/2012 Sb.



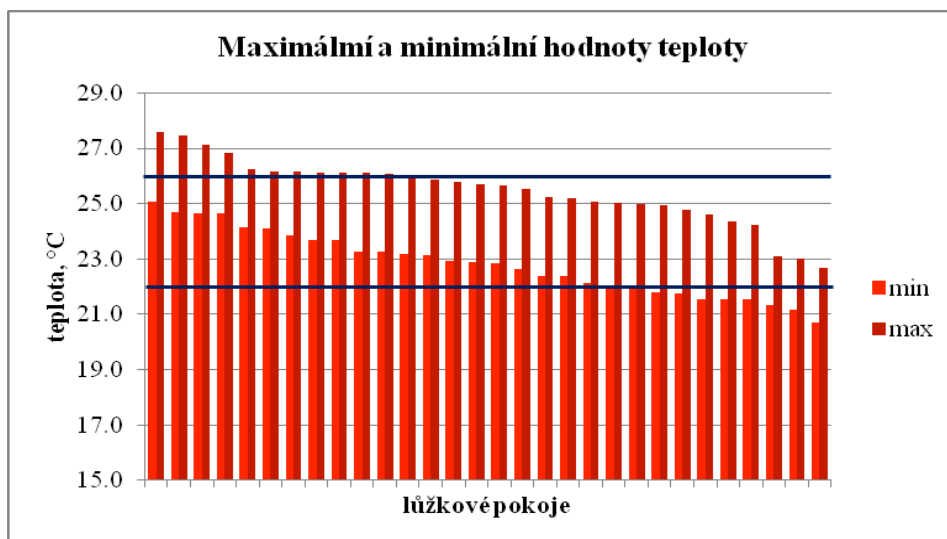
Obrázek 12: Počet naměřených hodnot oxidu uhličitého, které překročily v lůžkových pokojích nemocnice A v zimním období doporučené hodnoty koncentrace CO₂ během dne

V teplé části roku, která byla pro potřeby této studie stanovena na období od 25. dubna do 1. července 2012, bylo zmonitorováno celkem 30 lůžkových pokojů nemocnice A. V této části měření byl zaznamenán větší počet pokojů, jejichž naměřené hodnoty teploty splňovaly doporučené limity teploty pro tento typ vnitřního prostředí než v období studeném. Naměřené hodnoty teploty vnitřního ovzduší se s doporučenými hodnotami rozcházely především na jejich horní hranici. Mezi takové případy můžeme zařadit zejména pokoje č. 49 a 50, kdy byla přípustná teplota překročena o 1,5 stupně Celsia. Průběh teploty třídní kampaně v pokoji č. 50 je znázorněn na obrázku 13.



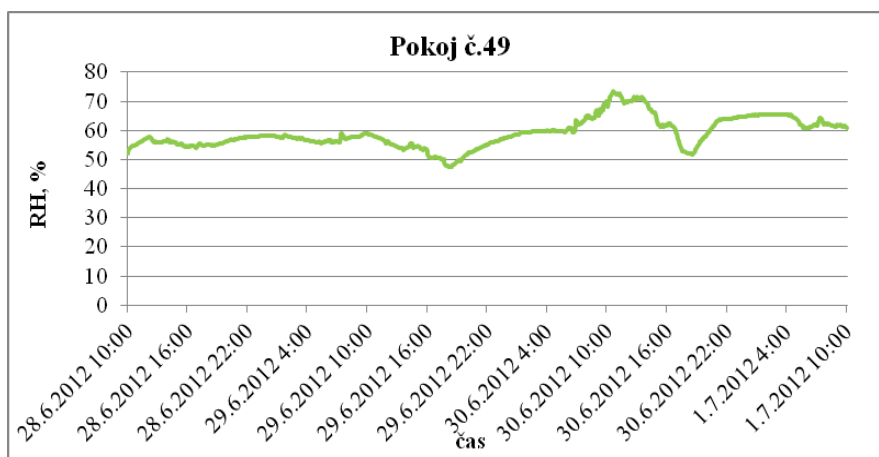
Obrázek 13: Průběh teploty třídní kampaně v pokoji č. 50 nemocnice A

Obrázek 14 ukazuje maximální a minimální naměřené hodnoty teploty v pokojích nemocnice A v teplé části roku.



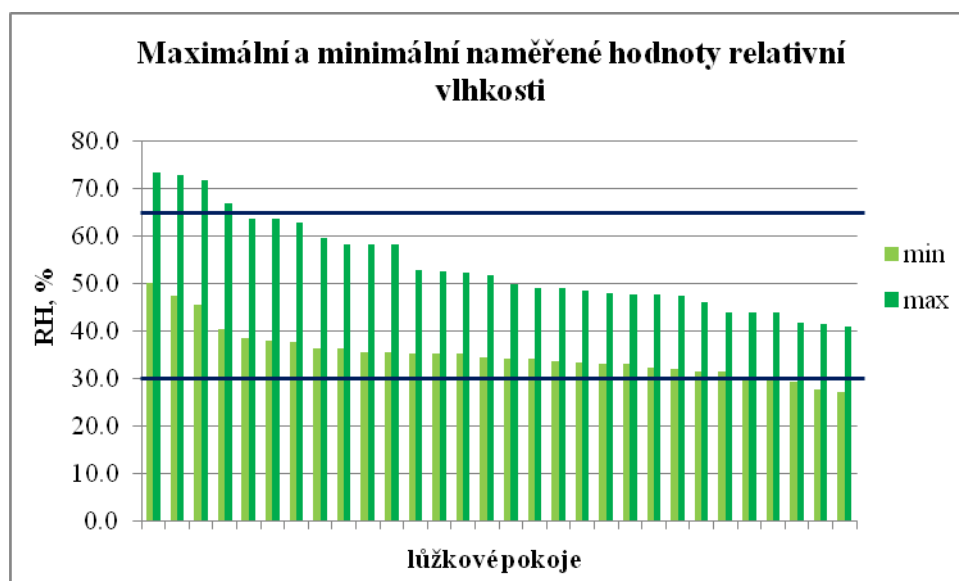
Obrázek 14: Maximální a minimální hodnoty teploty naměřené v lůžkových pokojích nemocnice A v teplém období v porovnání s vyznačenými limity hodnot teploty dle vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 22°C a 26°C)

Relativní vlhkost byla během letní části monitorovacího období nemocnice A téměř ve všech případech v normě. V pokojích 26, 33, 34 a 35 byla naměřená minimální hodnota relativní vlhkosti pod hranici doporučených hodnot. Naopak ke konci měřicího období se maximální naměřené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu lůžkových pokojů pohybovaly nad doporučenou hranici hodnot relativní vlhkosti prostor zdravotnického zařízení. Příkladem je uveden pokoj č. 49, ve kterém byla maximální naměřená hodnota 73,3 %. Průběh hodnot relativní vlhkosti během třídní kampaně v tomto pokoji je znázorněn na obrázku 15.



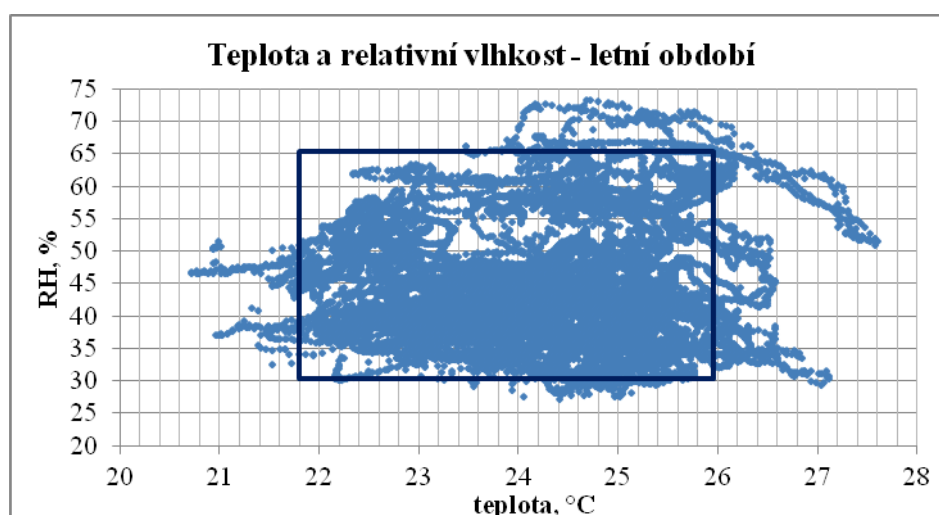
Obrázek 15: Hodnoty relativní vlhkosti naměřené během třídní kampaně v pokoji č. 49 nemocnice A v teplém období

Maximální a minimální naměřené hodnoty relativní vlhkosti získané v nemocnici A během teplého období jsou znázorněny na obrázku 16.



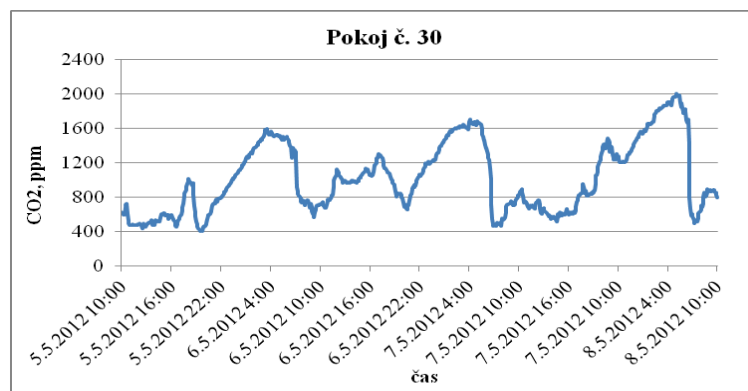
Obrázek 16: Maximální a minimální naměřené hodnoty relativní vlhkosti lůžkových pokojů nemocnice A v teplém období v porovnání s předepsanými hodnotami dle vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 30 a 65 %)

Celkový počet hodnot teploty a relativní vlhkosti vzduchu je znázorněn na obrázku 17.



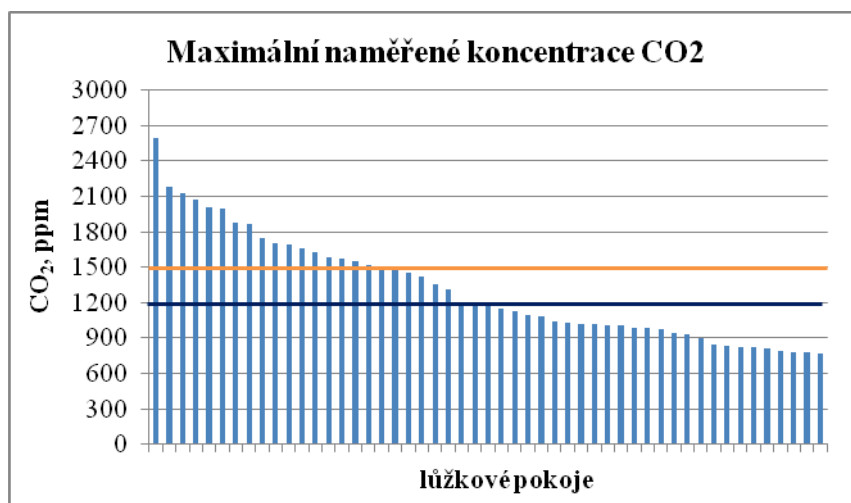
Obrázek 17: Veškeré hodnoty teploty a vlhkosti lůžkových pokojů nemocnice A během letního období v porovnání s předepsanými hodnotami vyhl. č. 6/2003 Sb. (modře vyhraničený čtyřúhelník)

Koncentrace oxidu uhličitého byla v tomto období přijatelnější, než v období studeném. Průměrná koncentrace CO₂ monitorovaná v pokojích pacientů nemocnice A v žádném z případů nepřekročila doporučenou hranici 1200 ppm (ASHRAE), ani 1500 ppm (vyhl. č. 20/2012 Sb.). Svými maximy překročily hodnoty koncentrace oxidu uhličitého stanovené limity v jedné třetině monitorovaných pokojů. Nejvyšší hodnota byla naměřena v pokoji č. 30, a to 2004,9 ppm. Třídenní průběh koncentrace CO₂ v tomto pokoji je znázorněn na obrázku 18.



Obrázek 18: Vývoj koncentrace CO₂ během třídní měřicí kampaně v pokoji č. 30 nemocnice A v teplém období

Na obrázku 19 jsou znázorněny maximální naměřené koncentrace oxidu uhličitého během monitoringu v teplém období.



Obrázek 19: Maximální naměřené hodnoty koncentrace CO₂ v pokojích nemocnice A v teplém období v porovnání s limity těchto koncentrací stanovenými ASHRAE (modrá hranice 1200 ppm) a vyhl. MMR č. 20/2012 Sb. (oranžová hranice 1500 ppm)

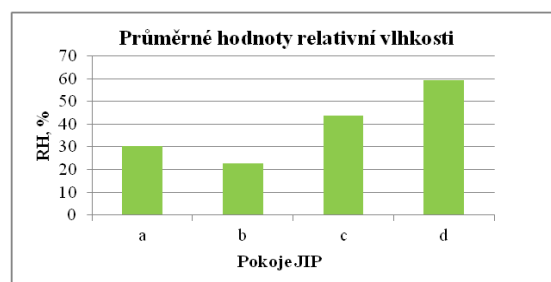
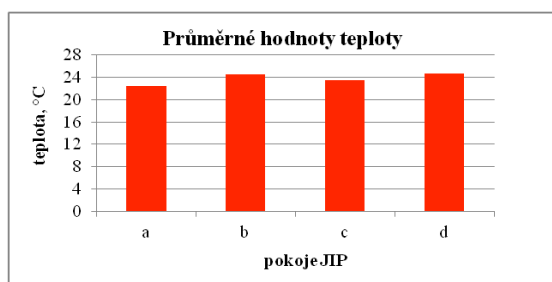
3.1.2 Jednotky intenzivní péče

Do měřících kampaní nemocnice A byly zařazeny i speciální nemocniční pokoje, jako jsou jednotky intenzivní péče (JIP). Celkem byly změřeny čtyři jednotky. V tabulce 7 jsou uvedené hlavní popisné statistiky těchto pokojů.

Tabulka 7: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu JIP nemocnice A

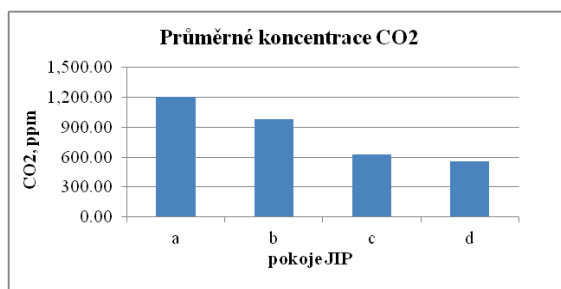
p.	Teplota, °C					Relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd
a	22.5	22.7	17.0	23.2	0.5	30.2	30.1	24.6	34.6	1.5	1201.5	1206.8	654.3	1577.9	158.8
b	24.6	24.8	20.0	26.4	1.1	22.7	20.0	11.5	35.4	5.9	977.8	839.1	303.4	2029.5	457.8
c	23.5	23.5	22.7	24.9	0.5	43.6	44.4	33.8	50.7	3.3	627.0	662.6	315.7	983.1	171.5
d	24.6	24.4	23.0	28.1	1.0	59.3	57.9	51.1	83.1	5.1	557.1	537.1	363.6	1028.3	119.4

Průměrné hodnoty teploty a průměrné hodnoty relativní vlhkosti vzduchu pokojů jednotek intenzivní péče jsou uvedeny na obrázcích 20 a 21. Průměrná koncentrace oxidu uhličitého je vyobrazena na obrázku 22.



Obrázek 20: Průměrné hodnoty teploty v pokojích JIP

Obrázek 21: Průměrné hodnoty relativní vlhkosti v pokojích JIP



Obrázek 22: Průměrné hodnoty koncentrace CO₂ v pokojích JIP

3.1.3 Nemocnice B

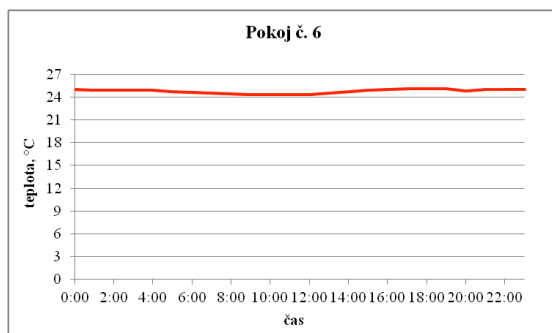
V nemocnici B byly měřeny mikroklimatické podmínky a koncentrace oxidu uhličitého celkem ve 14 pokojích. Tyto podmínky byly monitorovány v období od 8. do 29. srpna 2012.

Hlavní popisné statistiky jsou uvedeny v tabulce 8. Mezi hlavní popisné statistiky patří aritmetický průměr, medián, minimum (min), maximum (max) a směrodatná odchylka (sd). Přehled všech pokojů je uveden v příloze 3.

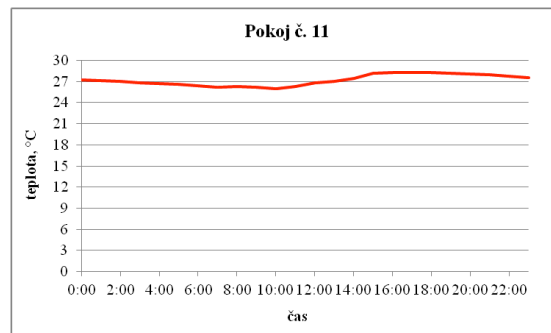
Tabulka 8: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu lůžkových pokojů nemocnice B

	průměr	medián	min	max	sd
Teplota, °C	25.9	25.8	22.6	30.2	1.2
RH, %	47.4	46.1	33.6	69.0	6.8
CO₂, ppm	543.1	523.9	321.2	1026.6	112.6

Teplota ovzduší vnitřních prostor pokojů byla v souladu s předpisy vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. ve dvou případech. Příklad přijatelných hodnot je zobrazen na obrázku 23. Průměrná hodnota naměřených hodnot byla v šesti pokojích vyšší, než dovolují předpisy vyhlášky MZ č. 6/2003. Nejvyšší průměrná teplota byla změřena v pokoji č. 11. Hodinové průměry teploty vzduchu v tomto pokoji ukazuje obrázek 24.

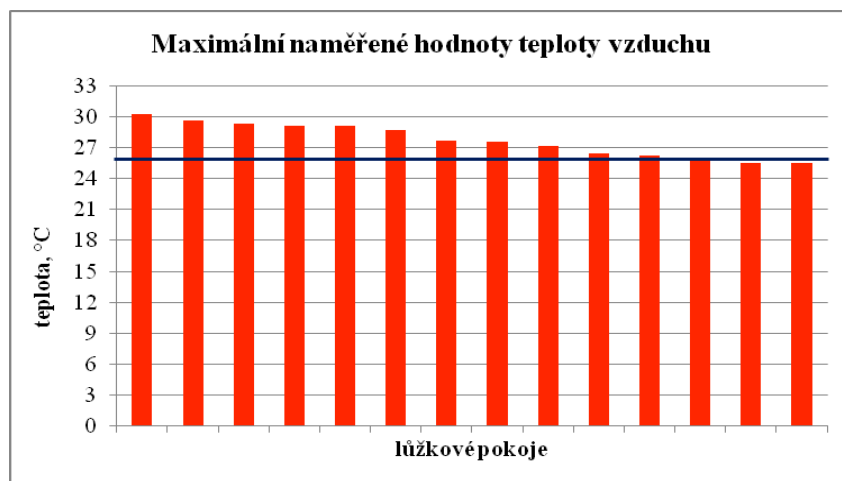


Obrázek 23: Průměrné hodinové hodnoty teploty vzduchu v pokoji č. 6 nemocnice B



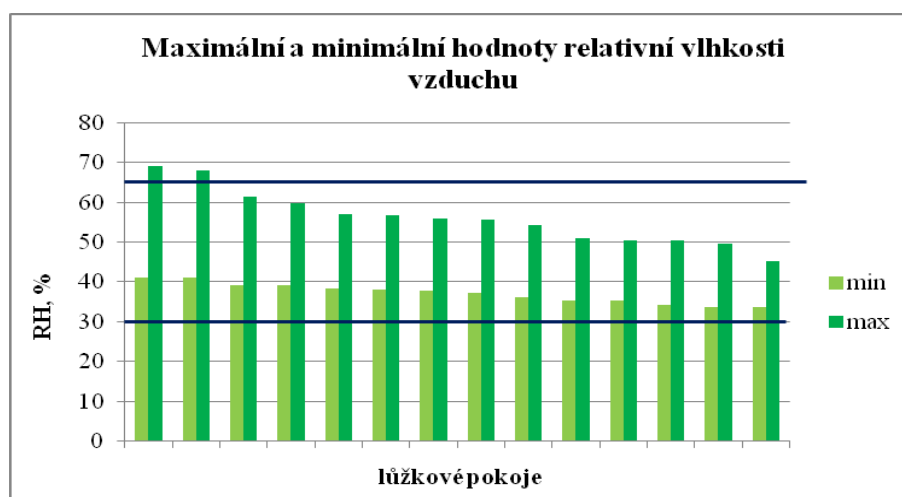
Obrázek 24: Průměrné hodinové hodnoty teploty vzduchu v pokoji č. 11 nemocnice B

Maximální naměřené hodnoty teploty vzduchu překročily v jedenácti případech stanovený limit teploty vzduchu pro zdravotnická zařízení. Tyto hodnoty jsou spolu s vyobrazenou hranicí přípustných hodnot znázorněny na obrázku 25.



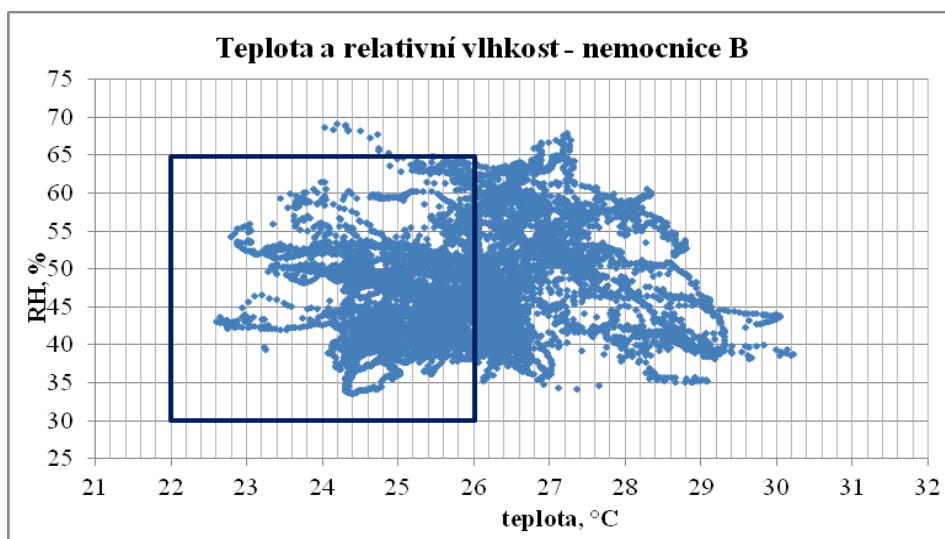
Obrázek 25: Maximální naměřené hodnoty teploty vzduchu lůžkových pokojů nemocnice B v porovnání s přípustnou hodnotou teploty vzduchu vyhl. MZ č 6/2003 Sb. (modrá linie 26°C)

Relativní vlhkost vzduchu v lůžkových pokojích se v této nemocnici pohybovala v normě. Pouze ve dvou pokojích překročila maximální hodnota horní hranici předepsaných hodnot. Maximální a minimální naměřené hodnoty relativní vlhkosti jsou vyznačeny na obrázku 26.



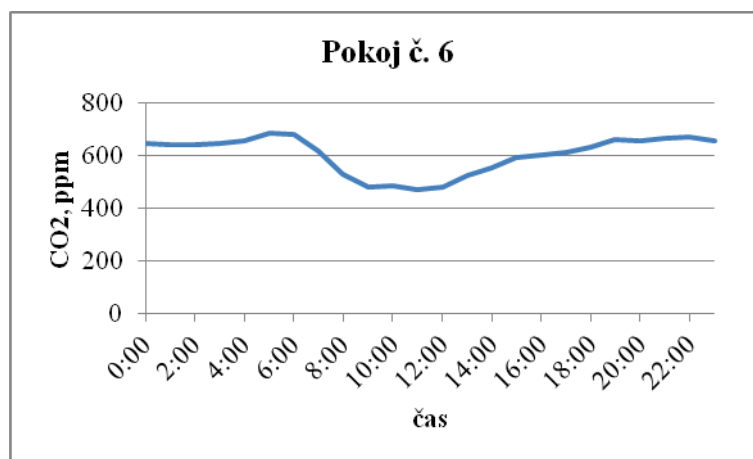
Obrázek 26: Maximální a minimální hodnoty relativní vlhkosti vzduchu lůžkových pokojů nemocnice B v porovnání s doporučenými hodnotami dle vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 30% a 65 %)

Veškeré hodnoty teploty a relativní vlhkosti jsou vyobrazeny na obrázku 27.



Obrázek 27: Veškeré hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu lůžkových pokojů nemocnice B v porovnání s předepsanými hodnotami vyhl. č. 6/2003 Sb. (modře vyhraničený čtyřúhelník)

Koncentrace oxidu uhličitého byla zjištěna ve všech lůžkových pokojích nemocnice B během tohoto měřicího období v normě. Pro ilustraci je uveden obrázek 28, který ukazuje průběh hodinových koncentrací CO_2 v pokoji č. 6. V tomto pokoji byla změřena nejvyšší průměrná hodnota koncentrace oxidu uhličitého ze všech ostatních lůžkových pokojů. Tato hodnota byla 603 ppm, čili zcela v normě.



Obrázek 28: Průběh hodinových průměrů koncentrace oxidu uhličitého v pokoji č. 6 nemocnice B

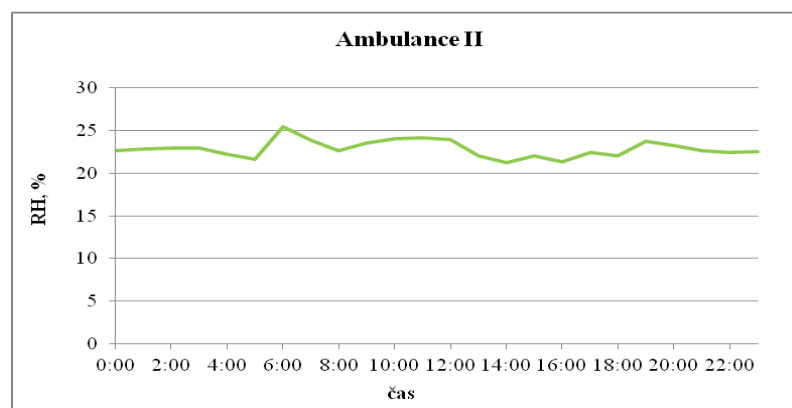
3.2 Nemocniční ambulance

V nemocnici A byly měřeny mikroklimatické podmínky ve dvou nemocničních ambulancích. Hlavní popisné charakteristiky jsou vypsány v tabulce 9.

Tabulka 9: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu ambulancí nemocnice A

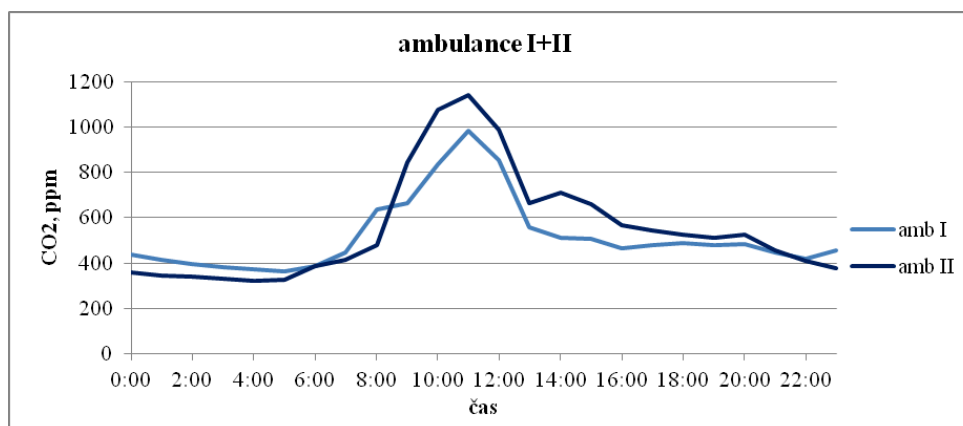
Nem. A	Teplota, °C					Relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd
amb I	22.3	22.3	20.1	23.8	0.7	32.9	35.2	30.3	42.0	2.8	519.6	468.8	290.2	1397.9	192.9
amb II	22.7	22.8	20.4	25.0	1.0	22.9	22.8	16.3	28.5	2.1	553.8	448.1	306.5	1444.1	268.7

Ambulance I i ambulance II byly monitorovány ve studeném období. Průměrné hodnoty teploty vzduchu obou prostor se pohybují v rozmezí doporučených hodnot. Zatímco relativní vlhkost ambulance I se pohybovala v normálu, relativní vlhkost ve druhé ambulanci nedosahovala minimální předepsané hodnotě vlhkosti ani svými maximy. Průměrná hodnota vlhkosti byla v této ambulanci 22,9 %. (obrázek 29).



Obrázek 29: Průměrné hodinové hodnoty relativní vlhkosti ambulance II v nemocnici A

Koncentrace oxidu uhličitého přesahovala doporučené hodnoty pouze svými maximy. Průměrné hodnoty koncentrace v obou místnostech dosahovala přípustných hodnot. Viz obrázek 30.



Obrázek 30: Průměrné hodinové koncentrace CO₂ během třídní kampaně nemocničních ambulancí nemocnice A

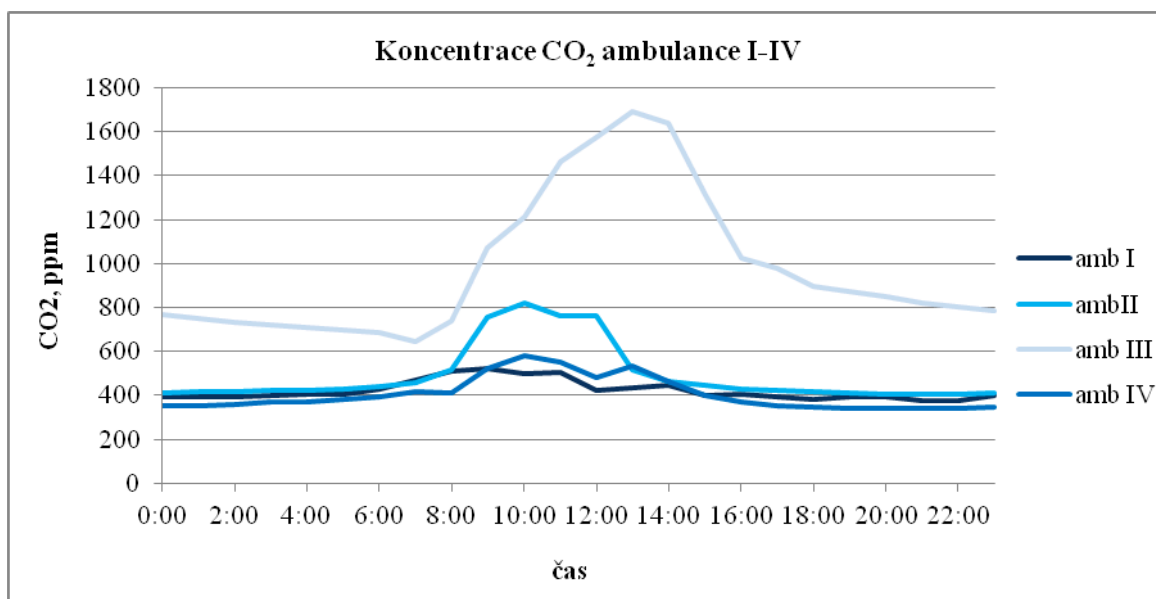
V nemocnici B byly sledovány mikroklimatické podmínky a koncentrace oxidu uhličitého ve čtyřech nemocničních ambulancích. Hlavní popisné charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu nemocničních ambulancí nemocnice B

Nem B	Teplota, °C					Relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd
amb I	25.1	25.2	23.6	25.9	0.6	48.6	48.1	44.5	54.9	2.4	422.3	394.7	351.6	702.6	65.0
amb II	24.0	23.9	23.2	24.9	0.4	54.5	54.5	49.7	60.6	2.3	490.3	422.5	379.5	1189.2	177.4
amb III	26.0	26.0	24.9	27.2	0.5	46.7	46.3	38.8	50.1	2.6	977.0	855.0	544.6	2179.5	375.6
amb IV	23.6	23.7	22.5	24.9	0.6	53.3	52.9	50.5	58.7	1.5	405.1	359.4	314.9	1154.2	137.2

Všechny nemocniční ambulance uvedené v tabulce 10 byly monitorovány ve stejném období od 3. do 6. září 2012. Průměrné hodnoty teploty byly ve všech čtyřech objektech v normě. V ambulanci III dosahovala průměrná teplota vnitřního ovzduší hranice předepsaných hodnot dle vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. i nařízení vlády č. 93/2012 Sb. Relativní vlhkost v pozorovaných prostorech byla ve všech případech v rozmezí doporučených hodnot. Minimální hodnoty relativní vlhkosti ve všech místnostech dosahovaly spodní hranice předepsaných limitů. Koncentrace oxidu uhličitého byla překročena pouze v ambulanci III, a to svými maximy.

Průběh průměrných hodinových koncentrací všech nemocničních ambulancí je znázorněn na obrázku 31.



Obrázek 31: Koncentrace oxidu uhličitého v ambulancích nemocnice B

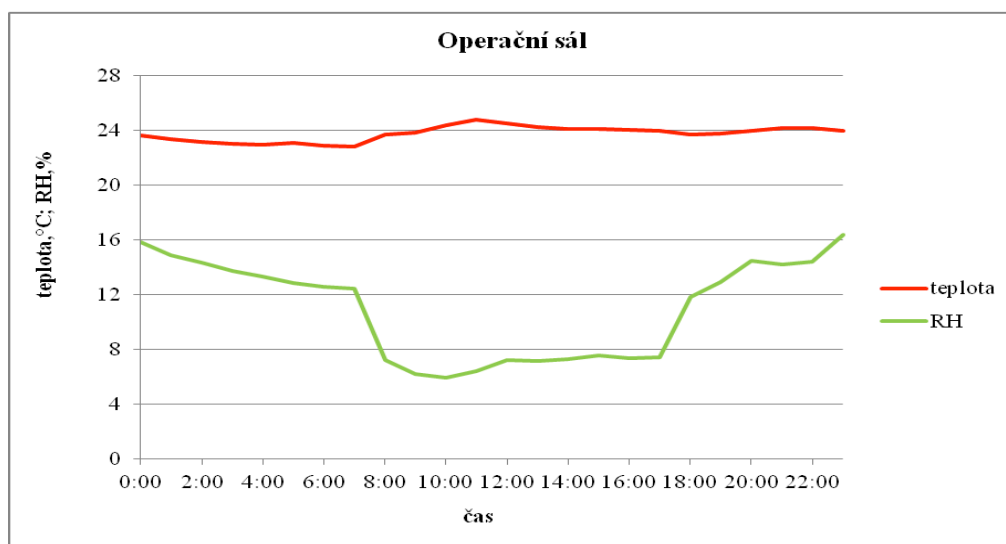
3.3 Operační sál

Během monitorovacího období ovzduší vnitřních prostor nemocnice A byly změřeny mikroklimatické podmínky a koncentrace oxidu uhličitého i na operačním sále chirurgického oddělení. Tento prostor má jako jediné monitorované místo v rámci této nemocnice klimatizační zařízení. Hlavní popisné statistiky jsou vyobrazeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Hlavní popisné statistiky vnitřního ovzduší operačního sálu

	průměr	medián	min	max	sd
Teplota, °C	23.7	23.7	19.7	25.6	0.9
RH, %	11.0	8.8	4.8	24.0	5.1
CO₂, ppm	430.5	370.2	277.7	879.6	145.1

Na obrázku 32 jsou znázorněny průměrné hodinové hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu operačního sálu. Hodnoty relativní vlhkosti byly v tomto prostředí velice podprůměrné. Hodnoty koncentrace oxidu uhličitého se pohybovaly v rámci předepsaných hodnot.



Obrázek 32: Průměrné hodinové hodnoty teploty a relativní vlhkosti na operačním sále nemocnice A

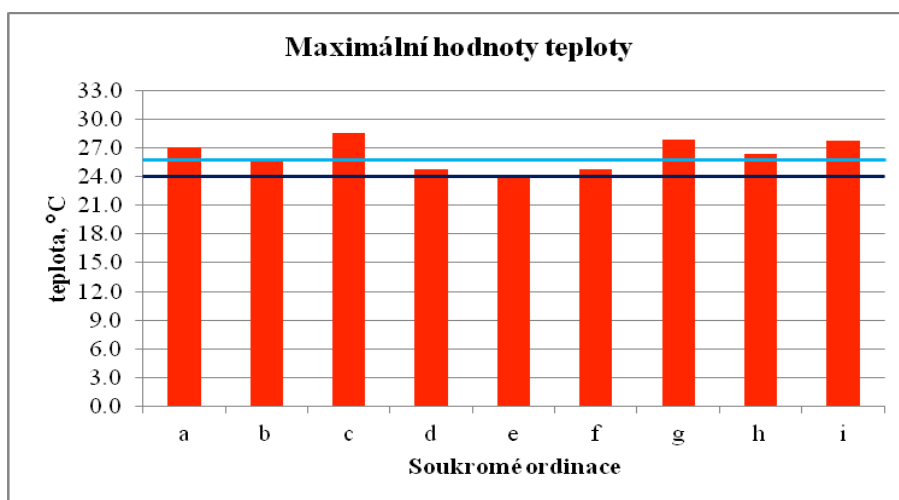
3.4 Soukromé lékařské ordinace

V zimním období byly monitorovány soukromé lékařské ordinace v krajském a hlavním městě. Jejich základní popisné statistiky jsou zobrazeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Hlavní popisné statistiky mikroklimatu soukromých ordinací

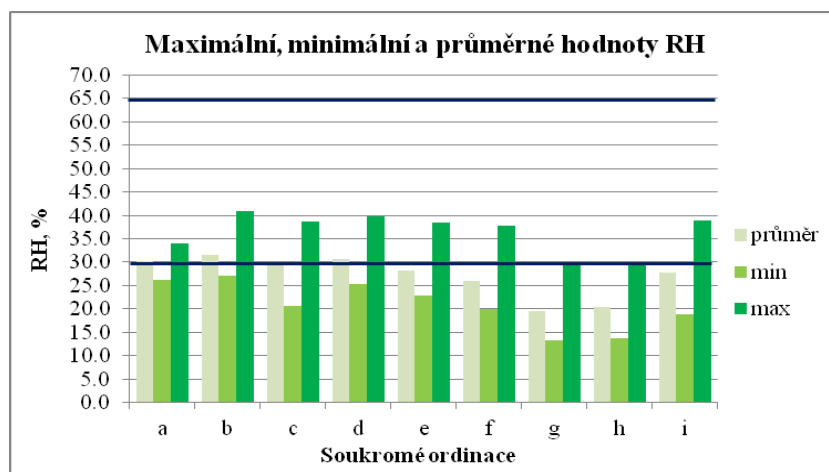
	Teplota, °C					Relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
	průměr	medián	min	max	sd	průměr	med	min	max	sd	průměr	med	min	max	sd
a	24.7	24.6	23.7	27.1	0.6	30.2	30.8	26.1	34.0	1.4	617.5	592.3	429.8	1077.2	132.6
b	24.6	24.5	23.6	25.6	0.4	31.6	31.6	27.1	40.9	2.9	698.2	660.1	408.9	1349.0	223.5
c	25.8	25.8	24.3	28.6	0.7	29.4	29.2	20.7	38.6	4.1	762.9	741.5	532.5	1146.9	125.0
d	23.6	23.5	22.5	24.7	0.6	30.6	30.1	25.2	39.7	3.5	786.6	637.7	393.0	1784.9	384.1
e	22.9	22.8	22.1	23.8	0.4	28.3	27.7	22.8	38.6	3.4	738.3	649.1	454.9	1354.8	258.6
f	23.0	22.7	21.4	24.8	1.0	26.0	25.5	19.9	37.8	4.0	585.7	492.0	277.9	1260.1	289.4
g	25.4	25.1	23.7	27.9	0.9	19.5	18.5	13.3	29.5	4.1	463.7	399.3	361.9	1085.2	138.0
h	24.4	24.3	22.8	26.4	0.9	20.4	19.5	13.6	29.7	4.4	531.9	479.1	457.6	947.2	106.9
i	25.0	24.8	23.1	27.8	1.1	27.7	28.1	18.8	39.0	5.6	469.0	478.0	373.7	916.2	68.7

Teplota vzduchu vnitřních prostor soukromých ordinací monitorovaných v této studii byla pouze v jednom případě v souladu s hodnotami vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. Šest měřených objektů překračovalo hodnoty teploty svými průměrnými hodnotami. Osm soukromých ordinací z devíti celkových obsahovalo teploty vzduchu překračující svými maximy horní hranici stanovených limitů dle vyhl. MZ č. 6/2003 Sb. Pět soukromých ordinací překročilo svými maximálními hodnotami limit stanovený nařízením vlády č. 93/2012 Sb. Maximální hodnoty teploty vnitřního ovzduší soukromých ordinací ukazuje obrázek 33.



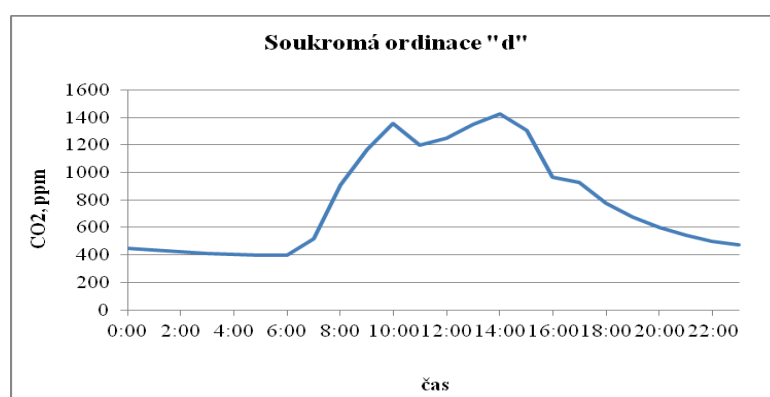
Obrázek 33: Maximální hodnoty teploty vzduchu soukromých ordinací v porovnání s limity vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. (tmavě modrá hranice 24°C) a NV 93/2012 Sb. (světle modrá hranice 26°C)

Průměrné hodnoty relativní vlhkosti nedosahovaly v šesti případech ani spodní hranice doporučených hodnot. Minimální hodnoty vlhkosti se ve všech uvedených soukromých ordinacích pohybovaly pod 26 %, tedy velice nízko. Maximální hodnoty relativní vlhkosti ordinací „g“ a „h“ nedosáhly ani na spodní hranici přijatelných podmínek. Minimální, maximální a průměrné naměřené hodnoty relativní vlhkosti jsou vyobrazeny na obrázku 34.



Obrázek 34: Maximální, minimální a průměrné naměřené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu soukromých ordinací v porovnání s rozmezím přijatelných hodnot dle vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. (modré linie 30 % a 65 %)

Doporučené hodnoty koncentrace oxidu uhličitého dle ASHRAE byly překročeny maximálními hodnotami celkem ve čtyřech případech. Pouze ordinace „d“ překročila hranici 1500 ppm, což je stanovená hranice koncentrace oxidu uhličitého dle vyhlášky MMR č. 20/2012 Sb. Průměrné hodnoty koncentrace CO₂ byly ve všech devíti soukromých ordinacích v normě. Hodinové průměry koncentrace oxidu uhličitého v ordinaci s nejvyšší celkovou průměrnou hodnotou jsou znázorněny na obrázku 35.



Obrázek 35: Hodinové průměrné hodnoty koncentrace CO₂ v soukromé ordinaci "d"

4 Diskuze

Tato studie se zabývala mikroklimatickými podmínkami ve zdravotnických zařízeních v České republice. Navzdory důležitosti a choulostivosti prostředí se problematice mikroklimatu v nemocnicích a ostatních zdravotnických prostředích nevěnuje patřičná pozornost a obdobné studie tohoto typu nebyly v České republice publikovány. Existují pouze studie, které se zabývají vnitřním ovzduším nemocnic z hlediska mikrobiální kontaminace (Vacková et al., 2011; Dřevová et al., 2004; Buchta et al., 1998, aj.). Jediné prostředí, které je v dnešní době zájmem ostatních výzkumů v rámci mikroklimatických podmínek nemocnic, jsou operační sály. Stejně jako v České republice, tak i ve světové literatuře se studie zabývající se mikroklimatickými podmínkami ve zdravotnických zařízeních vyskytují jen velmi zřídka. Zahraniční studie z oblasti mikroklimatu nemocnic se zabývají především ventilací a výměnou vzduchu na operačních sálech (Chow a Yang, 2004; Memarzadeh a Manning, 2002; Meers, 1983; Brandt et al., 2008)

Monitorovací období nemocnice A bylo rozděleno na zimní a letní část, stejně jako ve studii J. Skooga (2006), který se zabýval monitoringem mikroklimatických podmínek na oddělení švédské nemocnice. V zimním období byla průměrná teplota vzduchu lůžkových pokojů nemocnice A v souladu s hodnotami vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., určující hygienické limity ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. I přes to byla průměrná hodnota teploty ovzduší lůžkových pokojů vyšší, než ve studii J. Skooga (2006) a Nordstroma et al. (1995). Tento fakt by mohl být vysvětlen instalací ventilačního systému ve švédské nemocnici, neboť pokoje v nemocnicích této studie byly větrány pouze pomocí otevřených oken. Průměrná hodnota relativní vlhkosti dosáhla pouze spodní hranice přípustných hodnot. Z celkového množství splňovalo 47% naměřených hodnot hranice předepsaných hodnot teploty i relativní vlhkosti vzduchu zároveň. I přes naměřené vyšší teploty vzduchu nebyly v tomto období zaznamenány stížnosti z řad pacientů či zaměstnanců nemocnice.

Stejně tak jako v zimním období, i v letním období se průměrná hodnota teploty vzduchu v nemocnici A pohybovala v rozmezí limitů daných vyhláškou MZ č. 6/2003 Sb. Průměrná hodnota relativní vlhkosti byla v porovnání se zimní částí monitoringu vyšší. Toto bylo pravděpodobně způsobeno zvýšenou topnou sezonou během chladného

období roku. Průměrné hodnoty relativní vlhkosti naměřené v lůžkových pokojích se během teplé části roku pohybovaly v rozmezí limitů. Celkově lze říci, že 92 % všech naměřených hodnot teploty a relativní vlhkosti vyhovovalo požadavkům vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb.

Vzhledem k teplému období během probíhajícího monitoringu pokojů nemocnice B byla průměrná hodnota teploty těsně pod horní hranicí předepsaných hodnot. Lůžková část nemocnice B byla sledována v srpnu roku 2012 a venkovní denní teploty se pohybovaly okolo 30°C. Vzhledem k tomu, že ani nemocnice B nemá klimatizační zařízení v prostorách pokojů pacientů, byla téměř kontinuálně otevřená okna. Díky absenci ventilačního zařízení tak venkovní teplota nepříznivě ovlivnila teplotu vnitřního ovzduší lůžkových pokojů. Celých 43 % veškerých naměřených hodnot teploty vzduchu tak překročilo stanovené hodnoty dle vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. V rámci ustanovení této vyhlášky bylo 99 % všech naměřených hodnot relativní vlhkosti v limitu. Hlavně díky nevyhovující teplotě vzduchu se do rozmezí doporučených hodnot teploty a relativní vlhkosti vešlo celkem 57 % všech naměřených hodnot.

Průměrná koncentrace oxidu uhličitého v lůžkových pokojích nemocnice A se v porovnání s doporučenými hodnotami ASHRAE i vyhlášky Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb. pohybovala v normě. Stejně jako ve studii J. Skooga (1990), koncentrace oxidu uhličitého se v zimní a letní části monitoringu lišila. Snížený obsah oxidu uhličitého v letním období by se dal vysvětlit zvýšenou možností větrání budov okny. Taktéž v prostorách lůžkových oddělení bývá v letním období větší počet otevřených dveří do pokojů pacientů. Průměrná koncentrace CO₂ v nemocnici B odpovídala doporučeným limitům.

Z výsledků vyplývá, že největší koncentrace oxidu uhličitého v pokojích byla naměřena v nočních hodinách, kdy pacienti spí, nepohybují se a místnost není žádným způsobem větrána. Doporučené hodnoty koncentrace oxidu uhličitého byly nejčastěji překračovány v hodinách od 20.00 do 6.00. Dle denního řádu nemocnice a hygienických předpisů jsou pacienti kontrolováni v 6 hodin ráno. Tím lze vysvětlit pokles koncentrace CO₂ po šesté hodině ránní, ať už díky otevřeným dveřím, či následným otevřením okna. V tomto období se počet překročení prudce snížil. Další mírný pokles nastane mezi 11. a 13. hodinou, kdy je pacientům podáván oběd. Tento trend je pozorován i kolem sedmnácté hodiny. Vzhledem k tomu, že nejvyšší

hodnoty koncentrace CO₂ byly zjištěny v nočních hodinách, dalo by se hovořit o nekvalitním prostředí pro spánek pacienta. Na toto téma se v dnešní době začínají objevovat odlišné názory. Zatím však pozitivní vliv CO₂ na spánek člověka nebyl dostatečně prokázán. Častým zájmem výzkumů zaměřených na kvalitu spánku bývá teplota a relativní vlhkost. Jak uvádí Muzet et al. (1984), nejvhodnější teplota pro dobrou kvalitu spánku je 19 °C. Dle Kima et al. (2010) je nejvyšší přípustná hodnota teploty pro dobrou kvalitu spánku 28,1 °C. Hodnoty teploty během nočních hodin se k této hranici pouze přibližovaly, a to v nemocnici B.

Měření mikroklimatických podmínek proběhlo na 4 pokojích jednotek intenzivní péče v nemocnici A. Jak ukázaly výsledky, zjištěné průměrné teploty se pohybovaly v rámci doporučených hodnot. Oproti tomu relativní vlhkost v jednom z pokojů JIP klesla na 11 %. Naopak v jiném pokoji byla maximální relativní vlhkost naměřena až 83 %. Toto je pro hospitalizované pacienty nedostačující kvalita prostředí. V takto nevyhovujícím prostředí se mohou množit mikroorganismy a hrozí riziko infekce. Jak ve své studii dokazují Gniadek a Macura (2007), v prostředí pokojů jednotek intenzivní péče se mohou vyskytovat mikroorganismy, jako jsou *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Penicillium sp.* aj. Podle Krajewske-Kulak (2007) byl na jednotkách intenzivní péče zvýšen výskyt kvasinky *Candida albicans*. Koncentrace mikrobiálního znečištění však nebyla předmětem této studie. Koncentrace oxidu uhličitého byla v pokojích jednotek intenzivní péče v normě.

V souvislosti s kvalitou ovzduší jsou operační sály řazeny mezi nejdiskutovanější místa v prostředí nemocnic. Operační sál nemocnice A, který byl zahrnut do výzkumu této studie, byl opatřen klimatizační jednotkou. Klimatizační systém musí mj. plnit požadavky na tepelnou pohodu operovaného pacienta a zamezit jeho podchlazení (hypotermie) (Forejt, 2009; Melhado et al., 2006). Ke stavu hypotermie může dojít při dlouhých operacích. U pacienta vlivem anestezie a rozsáhlého chirurgického výkonu přestává plnit funkci jeho centrální termoregulace. Nízká teplota okolí současně spolu s nitrožilním podáváním velkého množství tekutin také podporuje zvýšenou ztrátu tepla pacienta. Pro předcházení tomuto stavu se používají různá zařízení k ohřevu těla pacienta. Při hypotermii může dojít k závažným komplikacím, například ke zhoršené srážlivosti krve. Všeobecně nízká teplota vede ke zvýšení výskytu infektu v ráně, čímž může dojít k prodloužení léčebného procesu a delší hospitalizaci (Leslie a Sessler, 2003.) Tepelná pohoda

prostředí na operačních sálech je významná i pro personál sálu. Zvláště zvýšená teplota může zapříčinit únavu operačního týmu a tím ovlivnit pracovní výkon.

Požadavky na kvalitu ovzduší operačních sálů se udávají v závislosti na typu operace. Průměrná teplota na sledovaném operačním sále byla 23, 7 °C a relativní vlhkost 11 %. Zatímco hodnoty teploty vzduchu operačního sálu byly přijatelné, relativní vlhkost dosahovala alarmujících hodnot. Ve srovnání se studií Wan a spol. (2011), která uvádí průměrnou hodnotu relativní vlhkosti na operačním sále taiwanské nemocnice 68%, jsou tyto hodnoty velice nízké. Stejný problém s nízkou relativní vlhkostí ovzduší na operačních sálech zaznamenal i Balaras et al. (2007) a San Jose-Alonso et al. (1999). Vzhledem k tomu, že pacient během operace dýchá anestetické plyny, které mají samostatný oběh, je zde ovlivněn především celkový komfort zdravotnického personálu. Jak uvádí Arundel et al. (1986), hodnoty relativní vlhkosti pod 20% způsobují vysychání sliznic, pálení očí a problémy s dýcháním. Toto může do značné míry ovlivnit pracovní výkon operátora. Ve sledované nemocnici tráví lékaři na operačním sále při výkonu v průměru 5 hodin. Ostatní zdravotnický personál, který zodpovídá za chod operačních sálů, se v těchto podmínkách vyskytuje po celou pracovní dobu. Průměrná hodnota koncentrace CO₂ byla plně v souladu s doporučenými hodnotami ASHRAE a vyhlášky MMR č. 20/2012 Sb. Vzhledem k tomu, že se v ovzduší operačních sálů mohou vyskytovat i narkotizační plyny, které se pohybem personálu difundují dále do prostoru, měl by probíhat monitoring i těchto škodlivých látek.

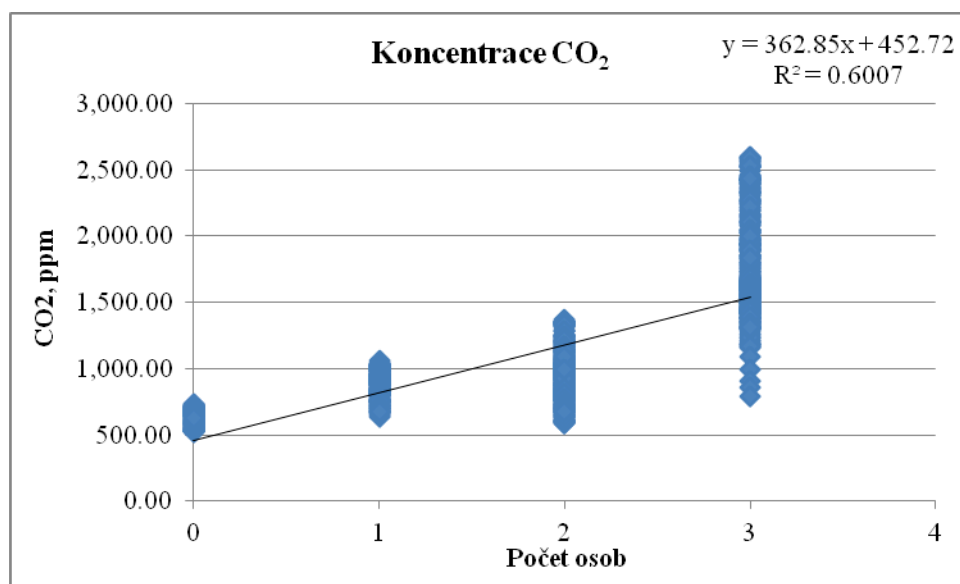
Monitoring kvality vnitřního ovzduší v prostředí nemocničních ambulancí je důležitý z hlediska komfortu pacientů i personálu. Vzhledem k tomu, že lékaři i sestry tráví na ambulanci přes polovinu své pracovní doby, mohou být vystaveni nežádoucím účinkům špatné kvality ovzduší. Díky vysoké fluktuaci osob – pacientů by měla koncentrace oxidu uhličitého nabývat nižších hodnot. V této studii se průměrné hodnoty koncentrace CO₂ v nemocničních ambulancích obou nemocnic pohybovala pod hranicí doporučených hodnot. Vzhledem k tomu, že je ordinační doba především v dopoledních hodinách, nejvyšší koncentrace oxidu uhličitého byla naměřena mezi osmou a patnáctou hodinou. Toto bylo shodné v obou nemocnicích. Stejný trend průběhu denních průměrů zaznamenal ve své studii Helmis et al. (2007). Prostředí nemocničních ambulancí i lékařských ordinací by mělo být porovnáváno i s limity stanovenými nařízením vlády č. 93/2012 Sb., určující podmínky zdraví při práci. Vzhledem k tomu, že vyhláška

MZ č. 6/2003 Sb. má přísnější kritéria pro kvalitu vnitřního ovzduší, byla tato prostředí srovnávána s tímto předpisem. Průměrné hodnoty teploty ambulaní obou nemocnic byly v souladu s citovanou vyhláškou. Vzhledem k tomu, že ambulance nemocnice A byly monitorovány v zimním období, pohybovaly se průměrné hodnoty teploty v tomto zařízení níž, než tomu bylo v ambulancích nemocnice B. Relativní vlhkost byla v obou nemocničních zařízeních v normě. Pouze v jedné z ambulaní nemocnice A byla naměřena nízká průměrná hodnota relativní vlhkosti.

Stejně tak jako nemocniční ambulance, i soukromé lékařské ordinace jsou vzhledem ke kvalitě vnitřního ovzduší rizikovým prostředím. V této studii bylo monitorováno 9 ordinací a všechny byly měřeny v zimním období. I když jsou tyto ordinace ve zcela jiných prostorách, budovách i městech, jsou naměřené hodnoty mikroklimatu velmi podobné. Z výsledků měření vyplývá, že kvalita ovzduší v těchto prostorách jen minimálně odpovídala hodnotám předepsaným vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb. Průměrné hodnoty teploty přesáhly stanovené limity v šesti případech. Pokud by se jednalo o nedosažení spodní hranice doporučených hodnot, dalo by se toto připsat vypnutí topení během nočních hodin, kdy ordinace nebyla v provozu. V opačném případě se jednalo o přetápění. Pocity vysokých teplot vzduchu během ranních hodin byly potvrzeny i personálem třech soukromých ordinací. Průměrné hodnoty relativní vlhkosti byly značně podprůměrné. Vzhledem k umístění jedné z ordinací u rušné komunikace není umožněno časté otevírání oken kvůli hluku a prašnosti. Tím by se dala vysvětlit nízká hodnota vlhkosti v tomto ojedinělém případě. Lze vyvodit, že pacienti a personál jsou v prostorách monitorovaných ordinací vystaveni nevyhovujícím mikroklimatickým podmínkám. Tento fakt může mít za následek únavu vyšetřujícího lékaře, bolest hlavy, sucho v krku a jiné příznaky, spojené se špatnou kvalitou vnitřního ovzduší. Koncentrace oxidu uhličitého měla podobný denní průběh jako nemocniční ambulance. Průměrné hodnoty koncentrace CO₂ byly zcela v normě.

V rámci této studie byla navržena hypotéza, že koncentrace oxidu uhličitého souvisí s mírou obsazenosti místnosti a jejími rozměry. Tuto závislost se podařilo potvrdit regresní analýzou ($p < 0,01$). Regresní rovnice byla vyjádřena jako $y = 805,7 + 39,55x_1 + 0,83x_2$, kde x_1 znázorňuje počet osob a x_2 značí objem místnosti. Samotná závislost koncentrace oxidu uhličitého na obsazenosti jednoho pokoje je vyobrazena na obrázku 36 ($p < 0,01$). Tato závislost je potvrzena

z 60%. Ke stejnému závěru závislosti koncentrace oxidu uhličitého na obsazenosti lůžkových pokojů došli ve své studii Quadros et al. (2009).



Obrázek 2: Závislost koncentrace oxidu uhličitého na míře obsazenosti jednoho pokoje

Dle výsledků této studie by se dala za hlavní problém mikroklimatu sledovaných zdravotnických zařízení považovat relativní vlhkost vzduchu. Průřezem veškerých měření byla velmi často pod průměrem doporučených hodnot. Na operačním sále nemocnice A byla podprůměrná. Nevyhovující hodnoty relativní vlhkosti ovzduší vnitřních prostor mohou mít nepříznivé účinky z mnoha hledisek. Nevyhovující hodnota relativní vlhkosti může podporovat existenci zvýšeného výskytu mikroorganismů v ovzduší. Tímto způsobem může být v ovzduší podporován výskyt bakterií, které způsobují onemocnění, jako jsou tuberkulóza, legionářská nemoc, pneumonie aj. Nejlepší zábranou jejich pomnožení je relativní vlhkost vzduchu od 30-60 % (Arundel, 1986). Podle studie Yang a Marr (2011) podporuje nízká relativní vlhkost vzduchu výskyt a nadměrné množení virů chřipky v ovzduší. Naopak zvyšující se relativní vlhkost vzduchu snižuje viru šanci na přežití. Udržováním vyšších hodnot relativní vlhkosti lze zmírnit rizika a předcházet chřipkové infekci (Myatt et al., 2010). Stejně tak dochází při nevyhovujících hodnotách relativní vlhkosti vzduchu ke zvýšenému výskytu lidských rotavirů (Moe a Shirley, 1982).

Dle studie Hellgrena et al. (2011) dochází při nízké hodnotě relativní vlhkosti k výskytu statické elektřiny, jejímž vlivem může dojít k poruše zdravotnických přístrojů (Dascalaki et al., 2009). Nordström et al. (1995) ve své studii uvedl, že po zvlhčení vzduchu v nemocnici výskyt statické elektřiny klesl.

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, nedostatečné mikroklimatické podmínky mají vliv na celkový komfort osob. V případě nízké relativní vlhkosti, jaká byla naměřena ve zdravotnických zařízeních, může dojít k příznakům spojených s tzv. „syndromem nemocných budov“. Součástí této studie nebyl průzkum mapující případné zdravotní problémy lidí pohybujících se v prostředí nemocnice, proto je tento fakt podložen výsledky jiných studií (Berglund, 1998; Nordstöröm et al., 1995; Lindvall and Sundell, 2004). Vzhledem k tomu, že se v nemocnicích vyskytují lidé s oslabeným imunitním systémem, měl by se brát na zjištěná fakta ohled.

5 Závěr

V této práci byly vyhodnoceny výsledky měření, které monitorovaly kvalitu ovzduší ve vybraných zdravotnických zařízeních. Měření se týkala koncentrace oxidu uhličitého, teploty a vlhkosti vzduchu. Při hodnocení byly naměřené hodnoty srovnány se současnými právními předpisy, určenými pro daný typ prostředí. Jak se z výsledků monitoringu ukázalo, ne vždy se hodnoty těchto veličin s předpisy vyhlášek Ministerstva zdravotnictví a Ministerstva pro místní rozvoj shodovaly. Největší disproporce byly nalezeny v naměřených hodnotách relativní vlhkosti v zimním období, které v některých případech nedosahovaly ani spodní hranice doporučených hodnot. Další odchylky se týkaly teploty vzduchu, kdy v letním období překračovala své předepsané limity.

Jako doporučená opatření pro zlepšení kvality vzduchu ve zdravotnických zařízeních je navrhováno následující:

- provádět častější větrání, které může pozitivně ovlivnit koncentrace oxidu uhličitého (vhodná jsou okna s možností otevření výklopné ventilace)
- zaměřit pozornost především na sledování stavu vlhkosti vzduchu, případně instalovat zařízení pro zvlhčení ovzduší
- zvážit instalaci klimatizačních jednotek tam, kde jsou teploty vzduchu překračovány; kontrola stavu a čistoty již instalovaných klimatizačních jednotek
- ke kontrole mikrobiálního znečištění hygienickou službou připojit i monitoring mikroklimatických podmínek
- seznámit s problematikou ovzduší vnitřních prostor personál nemocnice či jiných zdravotnických zařízení, čili provádět osvětu zdravotnického personálu

Pro přesná vyhodnocení stavu mikroklimatu ve zdravotnických zařízeních je třeba většího počtu monitorovacích studií, aby byly odhaleny případné chyby z již proběhlých monitoringů, zvláště z nejvíce rizikových prostor, jako jsou operační sály a jednotky intenzivní péče.

Vzhledem k závažnosti této problematiky navrhuje autorka práce v souladu se zjištěnými výsledky vytvoření standardů monitoringu pro potřeby dalších podobných studií, jako například přesnou pozici přístroje během monitoringu, četnost, období a délku měřících kampaní. Díky dodržení standardů bude docíleno požadované homogenity souboru výsledků vhodných pro statistická zhodnocení.

Řádné sledování kvality vnitřního ovzduší zdravotnických zařízení se následně kladně projeví na celkovém stavu prostředí v těchto prostorách. Dobrá kvalita vnitřního prostředí zdravotnických zařízení pozitivně ovlivní léčebný proces pacientů, zlepší jejich psychickou pohodu a přispěje k celkovému komfortu zdravotnického personálu.

6 Literatura

ARUNDEL, A. V., STERLING, E. M., BIGGIN, J. H., STERLING, T. D. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environ Health Perspect.* 1986, **65**, 351-361

ASADI, E., GAMEIRO DA SILVA, M. C., COSTA, J. J. A systematic indoor air quality audit approach for public buildings. *Environmental Monitoring And Assessment.* 2013, **185**(1), 865-875

ASHRAE Standard 62.1-2010: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 2010 [online] [cit. 29. 4. 2013]. Dostupné z: http://openpub.realread.com/rrserver/browser?-title=/ASHRAE_1/ashrae_62_1_2010_1024

BALARAS, C. A., DASCALAKI, E., GAGLIA, A. HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms. *Energy and Buildings.* 2007, **39**(4), 454-470

BATTERMAN, S., PENG, CH. TVOC and CO₂ Concentrations as Indicators in Indoor Air Quality Studies. *American Industrial Hygiene Association Journal.* 1995, **65**(1), 55-65

BERGLUND, L., G. Comfort and Humidity. *ASHRAE Journal.* 1998, **40**(8), 35-41

BRANDT, CH., HOTT, U., SOHR, D., DASCHNER, F., GASTMEIER, P., RÜDEN, H. Operating Room Ventilation With Laminar Airflow Shows No Protective Effect on the Surgical Site Infection Rate in Orthopedic and Abdominal Surgery. *Annals of Surgery.* 2008, **248**(5), 695-700

BUCHTA, V., VACKOVÁ, M., JEBAVÝ, L. Výskyt mikroskopických hub ve vzduchu na oddělení hematologické intenzivní péče Fakultní nemocnice Hradec Králové. *Klinická mikrobiologie a infekční lékařství.* 1998, **4**(5), 154-158

BURGE, S., HEDGE, A., WILSON, S., BASS, J. H., ROBERTSON, A. Sick Building Syndrome: a study of 4373 office workers. *Annals of Occupational Hygiene.* 1987, **3**(4), 493-504

COOLEY, J. D., WONG, W. C., JUMPER, C. A., STRAUS, D. C. Correlation between the prevalence of certain fungi and sick building syndrome. *Occup Environ Med.* 1998, **55**, 579-584

ČIČEK, J. Hospital Ecology. *Acta Clin Croat.* 2006, **45**, 15-26

DASCALAKIA, E. G., GAGLIA, A. G., BALARAS, C. A., LAGOUDI, A. Indoor environmental quality in Hellenic hospital operating rooms. *Energy and Buildings*, 2009, **41**(5), 551-560

DŘEVOVÁ, J., HANULÁKOVÁ, D., KOLÁŘOVÁ, M. Sledování výskytu mikroskopických hub v Ovzduší v prostředí Interní hematologické kliniky Fakultní nemocnice Brno-Bohunice. *Klinická mikrobiologie a infekční lékařství.* 2004, **10**(2), 88-95

FOREJT, L. *Airflow performance modeling in mobile operating rooms.* Praha, 2009. Doktorská práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce František Drkal

GNIADEK, A., MACURA, A. B. Intensive care unit environment contamination with fungi. *Advances in Medical Sciences.* 2007. **52**, 283-287

GRAVES, N., HALTON, K., LAIRSON, D. Economics and Preventing Hospital-Acquired Infection - Broadening the Perspective. *InfectionControl and Hospital Epidemiology.* 2007. **28**(2), 178-184

HANSEN, S. J. *Managing Indoor Air Quality.* Lilburn: The Fairmont Press, 1991. 317 s.

HELLGREN, U. M., PALOMÄKI, E., LAHTINEN, M., RIUTTALA, H., REIJULA, K. Complaints and symptoms among hospital staff in relation to indoor air and the condition and need for repairs in hospital buildings. *SJWEH Supplements.* 2008, (4), 58-63

HELLGREN, U. M., Hyvärinen, M., Holopainen, R., Reijula, K. Perceived indoor air quality, air-related symptoms and ventilation in Finnish hospitals. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health.* 2011, **24**(1), 48-56

HELMIS, C. G., TZOUTZAS, J., FLOCAS, H. A., HALIOS, C.H. et al. Indoor air quality in a dentistry clinic. *Science of the Total Environment*. 2007, 349-365

CHOW, T. T, YANG, X.Y. Ventilation performance in operating theatres against airborne infection: review of research activities and practical Guyance. *Journal of Hospital Infection*. 2004, **56**(2), 85-92

KALLIOKOSKI, P., LUSCUERE, P., STREIFEL, A. Indoor Air Quality in Hospitals and Other Health Care Facilities. ISIAQ Review. 2003

KIM, M., CHUN, CH., HAN, J. A Study on Bedroom Environment and Sleep Quality in Korea. *Indoor Built Environment*. 2010, **19**(1), 123-128

KRAJEWSKA-KULAK, E., LUKASZUK, C., TSOKANTARIDIS, CH., HATZOPOULU, A., THEODOSOPOYLOY, E., HATZMANASI, D., KOSMOIS, D. Indoor air studies of fungi contamination at the Neonatal Department and Intensive Care Unit an Palliative Care in Kavala Hospital in Greece. *Adv Med Sci*. 2007, **52**(1), 11-14

LESLIE, K., SESSLER, D. I. Perioperative hypothermia in the high-risk surgical patient. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2003, **17**(4), 485-498

LEUNG, M., CHAN, A. H. S. Control and management of hospital indoor air quality. *Med Sci Monit*. 2006, **12**(3), 17-23

MARONI, M., SEIFERT, B., LINDVALL, T. *Indoor Air Quality, A comprehensive reference book*. Elsevier, 1995. 1049 s.

MECKLER, M. *Indoor Air Quality Design Guidebook*. Lilburn: The Fairmont Press, 1991. 283 s.

MENDES, A. C. P. *Indoor Air Quality in Hospital Environment*. Barcelona: 20th Congress of IFHE. 19. - 22. 10. 2008

MELHADO, M. A., HENSEN, J. L. M., LOOMANS, M. Literature Review of Staff Thermal Comfort and Patient „Thermal Risks“ in Operation Rooms. *International Society of Indoor Air Quality and Climate*. 2006, 11-14

MEERS, P. D., Ventilation in operating rooms. *British Medical Journal*. 1983, **286**(6361), 244-245

MEMARZADEH, F., MANNING, A.P. Comparison of operating room ventilation systems in the protection of the surgical site. *ASHRAE Transactions*. 2002, **108**(2), 3-15

MOE, K., SHIRLEY, J. A. The effects of relative humidity and temperature on the survival of human rotavirus in faeces. *Archives of Virology*. 1982, **72**(3), 179-186

MUZET, A., LIBERT, J. P., CANDAS, V. Ambient temperature and human sleep. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 1984, **40**(5), 425-429

MYATT, T. A., KAUFMAN, M.H., ALLEN, J.G., MACINTOSH, D.L., FABIAN, M.P., et al. Modeling the airborne survival of influenza virus in a residential setting: The impacts of home humidification. *Environ Health*. 2010.

NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

NORDSTRÖM, K., NORBÄCK, D., AKSELSSON, R. Effect of air humidification on the sick building syndrome and perceived indoor air quality in hospitals: a four month longitudinal study. *Occup Environ Med*. 1994, **51**(10), 683–688

NORDSTRÖM, K., NORBÄCK, D., AKSELSSON, R. Influence of indoor air quality and personal factors on the sick building syndrome (SBS) in Swedish geriatric hospitals. *Occupational and Environmental Medicine*. 1995, **52**, 170-176

QUADROS, M. E., LISBOA, H. M., OLIVEIRA, L. V., SCHIRMER, W. N. Indoor air quality in hospitals: a case study and a critical review of current standards. *Eng. Sanit. Ambient*. 2009, **14**(3), 431-438

REINIKAINEN, L. M., AUNELA-TAPOLA, L., JAAKKOLA, J.J. Humidification and perceived indoor air quality in the office environment. *Occup Environ Med*. 1997, **54**, 322-327

- SAN JOSE-ALONSO, J. F., VELASCO-GOMEZ, E., REY-MARTÍNEZ, F. J., ALVAREZ-GUERRA, M., GALLEGU PELAEZ, C. Study on environmental quality of a surgical block. *Energy and Buildings*. 1999, **29**(2), 179–187
- SATISH, U., MENDELL, M. J., SHEKHAR, K., HOTCHI, T., SULLIVAN, D., STREUFERT, S., FISK, W. J. Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environ Health Perspect.* 2012, **120**(12), 1671–1677
- SELTZER, J. M. Building-related illnesses. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1994, **94**(2), 351–361
- SEPPANEN, O. A., FISK, W. J., MENDELL, M. J. Association of ventilation rates and CO₂ concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air-International Journal Of Indoor Air Quality And Climate*. 1999, **9**(4), 226-252
- SHRIMANDILKAR, P. P. Indoor Air Quality Monitoring For Human Health. *International Journal of Modern Engineering Research*. 2013, **3**(2), 891 – 897
- Sick Building Syndrome – Causes, effects and kontrol, a London Hazards Centre Handbook*. London: London Hazards Centre Trusst Limited, 1990. 94 s.
- SKOOG, J. Relative Air Humidity in Hospital Wards – User Perception and Technical Consequences. *Indoor and Built Environment*. 2006, **15**(1), 93-97
- SUCIU, R. N., DAINA, L., CHEREJI, A., PALLAG, A. The role of the hospital environment in the management of the hospitalized patient. University of Oradea. 2010
- SUNDELL, J., LINDVALL, T. Indoor Air Humidity And Sensation Of Dryness As Risk Indicators Of SBS. *Indoor Air*. 2004, **3**(4), 382-290
- THEUNISSEN, H. J., LEMMENS-DEN TOOM, N. A., BURGGRAAF, A., STOLZ, E., MICHEL, M. F. Influence of temperature and relative humidity on the survival of *Chlamydia pneumoniae* in aerosols. *Appl. Environ. Microbiol.* 1993, **59**(8), 2589-2593

THÖRN, A. The sick building syndrome: a diagnostic dilemma. *Social Science & Medicine*. 1998, **47**(9), 1307–1312

TURIEL, Isaac. *Indoor Air Quality and Human Health*. Stanford: Stanford University Press, 1985. 173 s.

VACKOVA, M., HANOVCOVA, I., SMETANA, J., CLIBEK, R., BOSTIKOVA, V., SPLINO, M. Microbial air load at the transplant intensive care unit. *Vojenské zdravotnické listy*. 2011, **80**(2), 52-57

VYHLÁŠKA Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

VYHLÁŠKA Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

WAN, G. H., CHUNG, F. F., TANG, CH. S., CHAN, K. Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. *Am J Infect Control*. 2011, **39**, 302-308

YANG, W., MARR, L.C. Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity. *PLOS ONE*. 2011, **6**(6)

YU, B. F., HU, Z. B., LIU, M. et al. Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. *International Journal Of Refrigeration- Revue Internationale Du Froid*. 2009, **32**(1), 3-20

ZHANG, J., SMITH, K. R. Indoor air pollution: a global health concern. *British Medical Bulletin*. 2003, **68**(1), 209-225

7 Přílohy

Příloha 1: Základní popisné statistiky vnitřního ovzduší všech lůžkových pokojů nemocnice A během chladného období roku

	teplota, °C					relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
p.	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd
1	21.6	21.6	19.5	23.4	1.0	35.5	35.2	30.3	42.0	2.8	643.3	618.2	459.2	936.3	97.1
2	21.9	21.5	20.8	23.3	0.5	40.5	40.2	32.1	49.6	3.7	940.2	841.5	503.7	2069.6	351.8
3	21.6	21.8	19.7	23.5	0.7	37.2	37.0	32.4	46.1	2.6	781.9	680.2	506.6	1881.8	265.9
4	23.4	23.6	19.1	24.3	0.7	29.1	29.4	17.3	34.3	2.3	1209.9	1202.4	555.6	1687.2	244.7
5	23.8	23.8	23.0	24.5	0.4	29.4	29.8	22.2	34.5	2.4	669.6	676.5	447.9	899.9	88.1
6	21.4	21.6	19.7	23.0	0.7	35.7	36.1	26.6	41.1	2.8	796.5	800.8	466.7	1080.3	139.5
7	22.0	22.1	21.0	22.5	0.3	35.9	35.9	29.9	41.3	2.1	833.6	791.1	511.8	1309.2	177.0
8	23.1	23.1	20.1	24.4	0.6	28.7	28.9	20.3	39.5	2.8	1133.5	1159.0	572.6	1571.0	199.6
9	23.2	23.2	21.2	24.4	0.7	32.9	32.6	26.0	39.1	3.3	1273.3	1246.1	638.8	1748.8	255.8
10	20.7	20.8	19.1	21.6	0.7	32.0	32.3	25.7	37.8	2.2	1064.7	1121.0	629.3	1454.4	183.7
11	23.6	23.7	22.1	24.8	0.7	28.1	28.4	20.7	33.1	2.0	1039.8	1051.4	551.5	1514.6	196.7
12	24.5	24.4	23.5	26.0	0.6	24.5	24.2	19.9	33.2	2.6	1061.7	1035.8	699.2	2126.8	194.7
13	24.0	24.0	22.6	24.6	0.3	22.6	21.9	18.3	30.0	2.3	793.1	819.5	524.2	1170.5	155.5
14	23.7	23.8	22.5	24.9	0.5	30.2	30.2	21.6	41.6	3.4	1339.3	1190.4	679.8	2179.5	424.7
15	25.0	25.3	22.6	26.7	1.1	33.7	34.4	22.9	47.4	4.6	970.9	955.4	589.4	1423.0	149.6
16	24.5	24.5	22.7	26.3	1.0	32.1	33.8	21.9	41.6	4.4	837.5	844.1	424.8	1149.9	146.5
17	24.1	24.4	21.0	26.5	1.3	25.5	25.5	18.3	40.8	3.1	907.7	906.6	511.2	1352.3	140.3
18	23.9	23.8	20.5	25.5	0.8	28.4	29.0	17.2	49.8	5.1	1165.9	1198.1	504.9	1865.3	327.6
19	24.2	24.5	21.1	27.5	1.5	23.4	23.7	14.4	44.5	3.3	781.4	788.5	468.4	1131.8	99.7
20	23.1	22.9	21.5	25.5	0.8	29.0	29.3	19.5	42.0	3.3	1077.4	1083.7	432.7	1664.1	189.8
21	20.8	20.8	19.4	21.8	20.6	44.2	44.3	37.1	52.5	3.5	1423.2	1422.2	1427.5	2596.8	491.5

Příloha 2: Základní popisné statistiky vnitřního ovzduší všech lůžkových pokojů nemocnice A během teplého období roku

	teplota, °C					relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
p.	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd
22	24.0	24.0	23.2	25.0	0.5	37.7	37.4	33.1	41.8	1.9	702.9	718.6	421.7	1004.2	129.5
23	23.6	23.6	23.1	24.6	0.5	38.5	38.1	33.3	43.7	2.4	730.6	744.8	458.8	1023.1	137.9
24	23.7	23.6	22.6	24.8	0.5	41.2	40.6	36.2	47.8	2.9	858.8	797.4	420.6	1552.9	265.4
25	23.6	23.6	21.8	25.1	0.7	40.5	40.4	32.0	47.3	3.5	808.6	815.8	366.4	1512.4	261.4
26	24.5	24.5	22.0	27.1	1.1	41.8	42.4	29.4	51.7	5.7	507.6	506.2	366.0	843.9	73.0
27	23.7	23.5	22.1	25.8	0.9	44.1	43.4	32.9	58.3	5.9	525.4	503.8	401.6	984.1	85.1
28	25.7	25.7	23.8	26.8	0.5	41.2	41.7	33.5	49.0	4.1	577.5	579.2	389.2	816.1	95.9
29	24.8	24.8	22.9	26.3	0.8	42.3	42.9	32.3	52.2	5.5	496.6	481.8	307.7	822.0	93.9
30	24.7	24.8	25.1	25.7	0.5	43.2	43.8	34.4	52.7	4.2	1027.9	961.1	401.5	2004.9	412.4
31	23.5	23.5	22.4	24.3	0.5	41.4	40.2	35.4	40.9	3.2	698.0	673.9	435.6	1006.1	146.9
32	23.5	23.4	24.7	25.2	1.0	40.0	39.8	34.0	49.8	3.1	665.4	569.6	412.5	1498.0	255.0
33	24.1	24.3	21.2	25.7	1.1	33.9	34.0	27.1	43.7	2.9	536.2	501.6	363.6	837.0	102.4
34	24.7	24.8	21.5	25.9	0.6	34.6	35.4	27.7	43.7	2.7	603.5	547.3	401.6	988.5	156.5
35	24.8	24.8	23.3	26.134	0.7	34.6	34.9	29.3	45.9	3.0	705.2	681.9	438.3	1033.0	151.9
36	25.5	25.5	24.7	26.1	0.3	34.3	33.5	31.4	47.6	2.7	519.1	502.4	375.5	791.2	87.1
37	24.1	23.9	22.8	24.9	0.5	42.3	42.0	35.4	49.1	3.5	661.0	633.7	352.7	1013.4	182.0
38	23.7	23.1	22.4	25.2	0.9	43.1	43.5	38.0	47.7	1.9	657.5	619.9	415.8	1039.0	165.5
39	24.9	24.9	24.1	25.6	0.4	42.6	42.6	34.1	48.5	3.1	859.9	793.8	389.7	1703.5	315.2
40	25.4	25.4	24.7	26.1	0.3	33.9	33.5	31.4	41.4	1.8	544.2	528.4	392.0	826.0	90.5
41	23.1	23.2	22.0	24.2	0.6	41.2	41.1	30.1	52.5	5.5	469.6	417.6	372.3	776.1	106.5
42	22.2	22.3	21.5	22.7	0.3	50.5	49.5	40.4	58.3	4.4	1071.6	1083.6	521.5	1582.0	275.7
43	22.6	22.7	21.7	23.1	0.3	50.6	51.6	37.7	59.5	4.7	1091.9	1075.9	568.0	1994.7	242.6
44	22.5	22.4	21.5	23.0	0.3	49.8	50.6	38.6	58.2	4.0	1016.5	1021.0	451.8	1631.7	316.3
45	23.5	23.7	20.7	25.0	1.0	53.1	50.9	35.2	66.8	8.4	499.6	476.2	377.4	973.2	108.2
46	24.9	24.9	23.3	26.1	0.7	51.4	50.9	35.3	62.7	7.7	627.2	566.5	414.2	946.7	139.7
47	24.8	25.0	21.3	26.2	0.9	50.8	49.0	35.3	63.5	8.0	614.4	574.9	427.5	1203.1	155.1
48	25.1	25.2	23.7	26.2	0.5	51.0	49.5	36.4	63.6	7.7	603.8	548.7	356.3	1204.6	203.4
49	25.2	25.1	23.7	27.5	0.9	59.0	57.8	47.4	73.3	5.1	587.3	602.9	365.3	780.0	111.4
50	24.7	24.2	22.9	27.6	1.2	59.5	58.5	45.5	72.7	5.9	556.2	543.5	419.5	767.6	83.8
51	24.9	24.8	24.1	25.9	0.5	59.5	58.5	49.9	71.7	4.6	552.4	520.7	335.2	1093.7	156.9

Příloha 3: Základní popisné statistiky vnitřního ovzduší všech lůžkových pokojů nemocnice B

	teplota, °C					relativní vlhkost, %					CO ₂ , ppm				
p.	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd	průměr	medián	min	max	sd
1	25,6	25,6	24,7	26,3	0,4	43,9	44,4	37,7	50,3	2,9	577,3	532,5	400,4	873,8	133,8
2	25,6	25,3	23,3	29,1	1,0	43,4	42,3	34,2	55,6	4,4	527,6	507,2	393,8	853,7	114,2
3	25,6	25,5	24,3	27,2	0,6	42,8	42,3	36,1	49,5	3,1	508,5	484,5	413,7	728,3	62,7
4	25,5	25,5	24,6	25,9	0,3	44,1	44,2	38,4	50,9	2,1	529,8	518,8	328,9	871,9	102,7
5	24,8	24,8	23,2	25,5	0,3	39,8	39,8	33,6	45,3	2,5	521,9	504,9	378,6	887,0	87,2
6	24,8	24,8	23,3	25,5	0,3	41,4	41,1	33,8	50,3	2,4	603,1	591,9	407,1	898,2	110,3
7	26,6	26,3	24,1	29,1	1,2	47,7	47,9	39,3	56,8	3,6	581,7	553,2	380,9	977,2	124,2
8	26,1	26,2	23,3	28,8	1,4	47,9	49,4	35,4	54,2	4,5	580,1	592,0	417,9	864,0	78,1
9	26,2	26,2	22,8	30,2	1,7	46,9	48,0	35,3	55,9	4,7	484,7	503,5	321,2	804,4	77,7
10	27,1	27,0	25,7	29,7	0,8	57,0	58,9	38,1	67,8	6,6	513,6	487,2	368,8	920,9	101,1
11	27,2	27,2	24,0	29,3	1,1	56,2	57,2	39,1	69,0	6,9	559,7	563,7	438,1	844,4	67,3
12	26,5	26,5	25,1	27,7	0,5	53,2	54,0	41,0	59,9	4,0	562,6	488,3	356,2	1026,6	174,6
13	25,9	26,2	23,4	27,6	1,1	52,9	52,7	41,0	61,5	4,5	461,4	437,2	336,5	775,7	91,3
14	25,4	25,8	22,6	26,5	1,0	45,6	45,4	37,2	57,0	4,6	591,3	637,8	435,5	1016,8	87,3